

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ
ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДОНЕЦЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

MINISTRY OF EDUCATION AND SCIENCES OF UKRAINE
DONETSK STATE UNIVERSITY

**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**

Межведомственный сборник научных работ

Вып. 6

**ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ ТА ОХОРОНИ ПРИРОДИ
ТЕХНОГЕННОГО РЕГІОНУ**

Міжвідомчий збірник наукових праць

Вип. 6

**PROBLEMS OF ECOLOGY AND NATURE PROTECTION
OF TECHNOGEN REGION**

The interdepartmental collection of scientific works

Iss. 6

www.donnu.edu.ua/bio

Донецк ДонНУ 2006

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону: Міжвідомчий збірник наукових праць / Відп. ред. С.В. Беспалова. – Донецьк: ДонНУ, 2006. – Вип. 6. – 294 с.

Статті збірника охоплюють широке коло питань екологічної, флористичної, фауністичної, біофізичної і фізіологічної спрямованості. У збірник увійшли статті викладачів, наукових співробітників та аспірантів різних вузів і науково-дослідних організацій України.

Збірник призначений для екологів, ботаніків, зоологів, фізіологів рослин, людини і тварин, біофізиків, фахівців з охорони природи, а також для викладачів і студентів біологічних факультетів вищих навчальних закладів.

Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных работ / Отв. ред. С.В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – 294 с.

Статьи сборника охватывают широкий круг вопросов экологической, флористической, фаунистической, биофизической и физиологической направленности. В сборник вошли статьи преподавателей, научных сотрудников и аспирантов различных вузов и научно-исследовательских организаций Украины.

Сборник предназначен для экологов, ботаников, зоологов, физиологов растений, человека и животных, биофизиков, специалистов по охране природы, а также для преподавателей и студентов биологических факультетов высших учебных заведений.

Problems of ecology and nature protection of technogen region: The interdepartmental collection of scientific works / Editor-in-Chief S.V. Bespalova. – Donetsk: DonNU, 2006. – Iss. 6. – 294 p.

Clauses of the collection cover a wide circle of questions ecological, floristic, faunistic, biophysical and physiological orientation. Collection included clauses of the teachers, scientific employees both post-graduate students of various high schools and research organizations of Ukraine.

The collection is intended for the ecologists, botanists, zoologists, physiologists of plants, man and animal, biophysics, experts in nature protection, and also for the teachers and students of biological faculties of higher educational institutions.

ББК ЕО*806.4 + ЕО*889 (437 УКР 5,5)

Рецензенти: А.К. Поляков, д-р біол. наук, проф.

А.В. Колганов, д-р біол. наук, проф.

Затверджено до друку Вченою радою Донецького національного університету

Редакційна колегія

С.В. Беспалова, проф., д-р фіз.-мат. наук (відп. редактор); **А.С. Алемасова**, проф. д-р. хім. наук; **М.І. Бойко**, проф., д-р біол. наук; **О.З. Глухов**, проф., д-р біол. наук; **О.З. Злотін**, проф., д-р біол. наук; **О.Г. Калінкін**, проф., д-р мед. наук; **В.А. Максимович**, проф., д-р мед. наук; **В.М. Остапко**, проф., д-р біол. наук; **В.А. Романенко**, проф., д-р біол. наук; **В.І. Соболев**, проф., д-р біол. наук; **В.Н. Сокрут**, проф. д-р мед. наук; **І.І. Солдак**, проф., д-р мед. наук; **М.Н. Сухомлин**, д-р біол. наук; **З.В. Усова**, проф., д-р біол. наук; **В.М. Шаталов**, проф., д-р фіз.-мат. наук; **А.Д. Штірц**, доц., канд. біол. наук (відп. секретар); **М.М. Ярошенко**, проф., д-р біол. наук.

Editorial Board

S.V. Bespalova (Editor-in-Chief), A.S. Alemasova, M.I. Bojko, A.Z. Gluhov, A.Z. Zlotin, O.G. Kalinkin, V.A. Maximovich, V.M. Ostapko, V.A. Romanenko, V.I. Sobolev, V.N. Sokrut, I.I. Soldak, M.N. Suchomlin, Z.V. Usova, V.M. Shatalov, A.D. Shtirts (Managin Editor), N.N. Yaroshenko.

Видання збірника дозволено ВАК України: Бюлетень ВАК України, 2000. – № 6. – С. 11.

Адреса в Інтернеті:
www.donnu.edu.ua/bio

© Донецький національний університет
© Обкладинка М.В. Максимовича

Комп'ютерна верстка: А.Д. Штірц

ЗМІСТ

ВСТУП	9
--------------------	----------

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ ЕКОЛОГІЇ

Беспалова С.В., Максимович В.О. Біофізика в новій епосі	10
Сафонов А.І. Індикаційна ботанічна експертиза – основа екологічного моніторингу в індустріальному регіоні	19

ФЛОРА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА РОСЛИННОГО СВІТУ

Данилик Р.М. Гемеробія рослинності водних екосистем комплексної зеленої зони міста Львова	32
Дацько О.М. Особливості прискороженого розмноження видів роду <i>Sorbus</i> L.	38
Лисенко Г.М. Автогенетичні сукцесії степової рослинності у світлі теорії філоценогенезу	42
Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Географічна структура флори регіонального ландшафтного парку "Донецький кряж"	50
Попова Л.В., Бутюгин А.В. Здатність до ризогенезу деяких видів роду <i>Sedum</i> L. (Crassulaceae DC.)	58
Прохорова С.І., Глухов О.З. Фенотипічна пластичність <i>Gypsophila paulii</i> Klokov в антропогенно трансформованих ектопах південного сходу України	63
Пугачова А.Ю. Анатомічна будова листка деяких сортів <i>Lilium hybrida</i> Hort.	68
Сафонов А.І., Харкова А.П. Палінологічний моніторинг урбанізованого середовища	74
Синельщиков Р.Г., Єрмакова О.В. Біогеоценотичні детермінанти рекреаційного лісокористування	83
Скробала В.М. Загальні закономірності формування рослинного покриву на території України: попередня оцінка	92

ФАУНА, ЕКОЛОГІЯ Й ОХОРОНА ТВАРИННОГО СВІТУ

Джуртубасєв М.М., Заморов В.В., Белєнкова Н.І. Макрозообентос озера Китай	100
Думич О.Я., Савицька О.М. Зоопланктон озер Шацького національного природного парку	106
Жуков О.В. Гігроморфи ґрунтових тварин та їх діагностичне значення для встановлення гігروتопів	113
Кунах О.М. Трофічні групи ґрунтової мезофауни центральної заплави р. Самара	130
Марченковська О.О. Вплив гідротехнічних споруд на біохімічні параметри наземних видів амфібій Придніпровського регіону	136
Місюра А.М. Вплив відходів підприємств гірничодобувної промисловості на рівень змісту мікроелементів в органах і тканинах амфібій з різних по ступеню забруднення водоймищ	140
Прокопенко О.В., Головкова І.І. Фауна та екологія павуків (Aranei) Великоанадольського лісу	147
Сергєєв М.Є. Жуки-листоїди (Coleoptera, Chrysomelidae) заповідника "Михайлівська цілина"	161
Ярошенко М.М. Панцирні кліщі регіонального ландшафтного парку "Клебан-Бик" Донецької області	166

ФІЗІОЛОГІЯ ТА ЕКОЛОГІЯ РОСЛИН, МІКОЛОГІЯ

Ветрова О.В., Руденко І.Ю. Вплив різних штамів кореневої губки на деякі фізіолого-біохімічні показники <i>Pinus sylvestris</i> L.	175
Коломійчук С.Г., Бошкова І.Л. Тестування якості солом'яного субстрату для вирощування гливи з використанням фізіологічних показників пророщування нясіння	183
Христова Т.Є. Генезис досліджень посухостійкості рослин в Україні	188

ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ТА ПРИКЛАДНІ ПРОБЛЕМИ БІОФІЗИКИ І ФІЗІОЛОГІЇ

Богдан Н.М., Хомутова К.В., Христуленко А.О., Єлізаров О.О., Коптильний А.О., Лінник Н.В., Малигін М.С., Білобров В.М. Вплив рН, кінетики його зміни і складу сечі на процеси каменеутворення	198
Говта М.В., Максимович В.О. Екологія та психіка	209
Горецький О.С. Основний елемент екологічної безпеки людини: умови праці	221
Гріщенко І.І., Солдак І.І., Нагорний І.М., Свестун Р.С., Попова М.В., Бугашева Н.В. Економічні наслідки несприятливого впливу довкілля на здоров'я населення екокризового регіону України	230
Доценко О.І. Вплив структури й електрохімічних властивостей мембрани еритроцитів на процес сорбції іонів плюмбуму	238
Максимович М.В., Говта М.В. Технологія визначення генеральної домінуючої мотивації	245
Тарадіна Г.В., Доценко О.І. Кінетичне дослідження інактивації ферменту каталази під впливом низькочастотної вібрації	251
Хомутова К.В., Богдан Н.М., Єлізаров О.О., Лінник Н.В., Малигін М.С., Христуленко А.О., Коптильний А.О., Білобров В.М. Буферні властивості складних багатокомпонентних розчинів	257
Кочура Д.А. Здібності до розрізнення стимулів різної модальності у молодих жінок з різними рівнями психомоторної активності	267
Романенко В.О., Кочура Д.А. Взаємозв'язок особистісних характеристик з чутливістю сенсорних систем	271
Соболєв В.І., Пічуріна Н.В. Вплив експериментального гіпертиреозу на енергетику скорочувального акту у процесі розвитку стомлення (дослідження <i>in situ</i>)	276
Труш В.В. Вплив гіпертиреоїдних станів на працездатність скелетного м'яза білих щурів	285
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРІВ	293

СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	9
ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ	
Беспалова С.В., Максимович В.А. Биофизика в новой эпохе	10
Сафонов А.И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе	19
ФЛОРА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА РАСТИТЕЛЬНОГО МИРА	
Данылык Р.Н. Гемеробия растительности водных экосистем комплексной зеленой зоны города Львова	32
Дацько А.М. Особенности ускоренного размножения видов рода <i>Sorbus</i> L.	38
Лысенко Г.Н. Автогенетические сукцессии степной растительности в свете теории филоценогенеза	42
Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Географическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж"	50
Попова Л.В., Бутюгин А.В. Способность к ризогенезу некоторых видов рода <i>Sedum</i> L. (Crassulaceae DC.)	58
Прохорова С.И., Глухов А.З. Фенотипическая пластичность <i>Gypsophila paulii</i> Клоков в антропогенно трансформированных экотопах юго-востока Украины	63
Пугачева А.Ю. Анатомическое строение листа некоторых сортов <i>Lilium hybrida</i> Hort.	68
Сафонов А.И., Харькова А.П. Палинологический мониторинг урбанизированной среды	74
Синельщиков Р.Г., Ермакова Е.В. Биогеоценотические детерминанты рекреационного лесопользования	83
Скробала В.М. Общие закономерности формирования растительного покрова на территории Украины: предварительная оценка	92
ФАУНА, ЭКОЛОГИЯ И ОХРАНА ЖИВОТНОГО МИРА	
Джуртубаев М.М., Заморев В.В., Беленкова Н.И. Макрзообентос озера Китай	100
Думич О.Я., Савицкая О.Н. Зоопланктон озер Шацкого национального природного парка	106
Жуков А.В. Гигроморфы почвенных животных и их диагностическое значение для установления гигротопов	113
Кунах О.Н. Трофические группы почвенной мезофауны центральной поймы р. Самара	130
Марченковская А.А. Влияние гидротехнических сооружений на биохимические параметры наземных видов амфибий Приднепровского региона	136
Мисюра А.Н. Влияние отходов предприятий горнодобывающей промышленности на уровень содержания микроэлементов в органах и тканях амфибий из различных по степени загрязнения водоемов	140
Прокопенко Е.В., Головкова И.И. Фауна и экология пауков (Aranei) Великоанадольского леса	147
Сергеев М.Е. Жуки-листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) заповедника "Михайловская целина"	161
Ярошенко Н.Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" Донецкой области	166

ФИЗИОЛОГИЯ И ЭКОЛОГИЯ РАСТЕНИЙ, МИКОЛОГИЯ

Ветрова Е.В., Руденко И.Ю. Влияние разных штаммов корневой губки на некоторые физиолого-биохимические показатели <i>Pinus sylvestris</i> L.	175
Коломийчук С.Г., Бошкова И.Л. Тестирование качества соломенного субстрата для выращивания вешенки с использованием физиологических показателей прорастания семян	183
Христовая Т.Е. Генезис исследований засухоустойчивости растений на Украине	188

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

Богдан Н.М., Хомутова Е.В., Христуленко А.О., Елизаров А.О., Коптильный А.А., Линник Н.В., Малыгин М.С., Билобров В.М. Влияние рН, кинетики его изменения и состава мочи на процессы камнеобразования	198
Говта Н.В., Максимович В.А. Экология и психика	209
Горецкий О.С. Основной элемент экологической безопасности человека: условия труда	221
Грищенко И.И., Солдак И.И., Нагорный И.М., Свестун Р.С., Попова М.В., Бугашева Н.В. Экономические последствия неблагоприятного влияния окружающей среды на здоровье населения экокризисного региона Украины	230
Доценко О.И. Влияние структуры и электрохимических свойств мембраны эритроцитов на процесс сорбции ионов свинца	238
Максимович М.В., Говта Н.В. Технология определения генеральной доминирующей мотивации	245
Тарадина Г.В., Доценко О.И. Кинетическое исследование инактивации фермента каталазы под действием низкочастотной вибрации	251
Хомутова Е.В., Богдан Н.М., Елизаров А.О., Линник Н.В., Малыгин М.С., Христуленко А.А., Коптильный А.А., Билобров В.М. Буферные свойства сложных многокомпонентных растворов	257
Кочура Д.А. Способность к различению стимулов различной модальности у молодых женщин с различными уровнями психомоторной активности	267
Романенко В.А., Кочура Д.А. Взаимосвязь личностных характеристик с чувствительностью сенсорных систем	271
Соболев В.И., Пичурина Н.В. Влияние экспериментального гипертироза на энергетику сократительного акта в процессе развития утомления (исследование <i>in situ</i>)	276
Труш В.В. Влияние гипертиреоидных состояний на работоспособность скелетной мышцы белых крыс	285
ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ	293

CONTENTS

INTRODUCTION	9
FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF ECOLOGY	
Bespalova S.V., Maksimovich V.A. Biophysics in a new epoch	10
Safonov A.I. Indication botanical expertise is the basis of ecological monitoring in an industrial region	19
FLORA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE PLANT LIFE	
Danylyk R.M. Vegetation hemerobia of the water ecosystems of L'viv complex green zone	32
Datsco A.M. Peculiarities of <i>Sorbus</i> L. species accelerated propagation	38
Lysenko H.N. Autogenic successions of steppe vegetation the point of view of the phylocoenogenesis theory	42
Ostapko V.M., Gnatyuk N.Yu. Geographical flora structure of the regional landscape park "Donetskiy kryazh"	50
Popova L.V., Butyugin A.V. Rhyzogeny ability of some species of <i>Sedum</i> L. (Crassulaceae DC.)	58
Prokhorova S.I., Glukhov A.Z. Phenotypic flexibility of <i>Gypsophila paulii</i> Klokov in anthropogenically transformed ecotopes at the Southeast Ukraine	63
Pugachova A.Yu. Anatomical leaf structure of <i>Lilium hybrida</i> Hort. some sorts	68
Safonov A.I., Kharkova A.P. Pollenological monitoring of urban environment	74
Sinelschikov R.G., Yermakova E.V. The biogeocenose determinants of recreation forest exploitation	83
Skrobala V.M. General peculiarities of forming of vegetative cover on the Ukraine territory: a preliminary assessment	92
FAUNA, ECOLOGY AND PROTECTION OF THE ANIMAL KINGDOM	
Djurtubaev M.M., Zamorov V.V., Belenkova N.I. Macrozoobenthos of the Kitay Lake	100
Dumych O.Ya., Savyts'ka O.M. Zooplankton of the Shats'k National Natural Park lakes	106
Zhukov A.V. Soil animals gygomorphs and their diagnostic importance for gygotops indicating	113
Kunach O.N. The soil macrofauna trophic groups of the central part of the Samara river flood land	130
Marchenkovskaya A.A. Influence hydrotechnical building on the biochemical parameters of the ground types of amphibians of the Pridneprovsk region	136
Misyura A.N. Influence wastes of enterprises of mining industry on the level of maintenance of microelements in organs and fabrics of amphibians from the reservoirs different on the degree of contamination	140
Procopenco E.V., Golovkova I.I. Fauna and ecology of the spiders (Aranei) of Velikoanadolskiy Les	147
Sergeev M.Ye. Leaf-beetls (Coleoptera, Chrysomelidae) of "Mychailowskaj tselina" reserve	161
Yaroshenko N.N. Oribatid mites of the regional landscape park "Kleban-Byk" of the Donetsk region	166

PHYSIOLOGY AND ECOLOGY OF THE PLANT, MYCOLOGY

Vetrova E.V., Rudenko I.Y. The influence of different strains <i>H. annosum</i> on the some physiological and biochemical characteristics of <i>Pinus sylvestris</i> L.	175
Kolomiuchuk S.G., Boshkova I.L. Testing of quality straw substrat for cultivation of Pleurotus with use of physiological parameters of seeds germination	183
Kristova T.E. The genesis of plants' drought-stability researches in Ukraine	188

FUNDAMENTAL AND APPLIED PROBLEMS OF BIOPHYSICS AND PHYSIOLOGY

Bogdan N.M., Khomutova E.V., Cyristulenko A.A, Jelisarov A.O., Koptilniy A.A., Linnik N.V., Malygin M.S, Bilobrov V.M. Influence pH, kinetics of its change and composition of urine on processes of a lithogenesis	198
Govta N.V., Maksimovich V.A. Ecological and psychics	209
Goretsky O.S. Fundamental element of ecological safety of man: condition of work	221
Grishenko I.I., Soldak I.I., Nagorniy I.M., Svestun R.S., Popova M.V., Bugasheva N.V. Economical sequences of effects of polluted environment on people's health of regions which are reported to be in ecological crisis	230
Dotsenko O.I. The influence of structure and electrochemical property of erythrocyte membrane on process of lead's ions	238
Maksimovich M.V., Govta N.V. Technology of definition of general dominating motivation	245
Taradina G.V., Dotsenko O.I. The cinetic investigation of the inactivation under the action of the low-frequency vibration	251
Khomutova E.V., Bogdan N.M., Jelisarov A.O., Linnik N.V., Malygin M.S., Cyristulenko A.A., Koptilniy A.A., Bilobrov V.M. Buffer properties of composite multicomponent solutions	257
Kochura D.A. The peculiarity of different modality perception in young women with different activity level	267
Romanenko V.O., Kochura D.A. The temperamental feature's correlation with sensory system's sensibility	271
Sobolev V.I., Pichurina N.V. Influencing of experimental hyperthyroidism on energy of muscle contraction in the process of development of fatigue (research of <i>in situ</i>)	276
Trush V.V. The influence of hyperthyroid states on the working capacity of the skeletal muscle of white rats	285
RULES FOR AUTHORS	293

ВВЕДЕНИЕ

В межведомственном сборнике научных работ с самых первых его номеров биологические явления авторы рассматривают комплексно. Новые достижения в области физики, химии, математики, медицины, психологии и других дисциплин находят своё применение в работах сотрудников биологического факультета ДонНУ, других высших учебных заведений и научно-исследовательских институтов. Свои наработки многие авторы оформляют в виде патентов на изобретения, критических анализов и обобщений – в виде обзорных статей и монографий, вызывающих заслуженный интерес как среди специалистов, так и среди широкого круга читателей, только начинающих осваивать азы биологии.

На сегодняшний день биология является мощным аттрагирующим (притягивающим) центром для специалистов различных научных направлений. Одним из наиболее удачных доказательств этого является синтез физики и биологии, где при многочисленных сочетаниях возможных связей находят решение вопросы, ранее вызывавшие затруднения. При этом образовавшаяся комплексная дисциплина – биофизика выходит на новые рубежи познания человеком окружающей действительности. Именно сочетание знаний о "живой" и "неживой" природе является мощным действующим аппаратом в поиске путей гармоничного управления процессами жизнедеятельности.

В декабре 2006 года в Донецком национальном университете прошел IV Съезд Украинского биофизического общества, в котором приняли участие многие ученые Украины, а также специалисты из стран ближнего и дальнего зарубежья. Участники съезда избрали декана биологического факультета С.В. Беспалову вице-президентом Украинского биофизического общества и доверили ей возглавить комитет по подготовке проекта научной и образовательной Государственной биофизической Программы. Подробнее об этом речь идет в публикации сопредседателя оргкомитета С.В. Беспаловой. Следует также отметить, что, поскольку в Украине до сих пор нет института биофизики, Съезд постановил, ходатайствовать перед Кабинетом Министров Украины об организации такого института либо при Киевском, либо при Донецком национальном университете.

Одним из приоритетных направлений на биологическом факультете являются экологические исследования. Уже достигнуты первые успехи в создании технологии комплексной биоиндикации окружающей среды. На сегодняшний день уже подготовлены блоки, которые послужат фундаментом биологической индикации, подведенным под будущее здание – нормализацию окружающей среды.

Комплексный подход в решении актуальных экологических проблем Украины положительно сказывается на авторитете биологического факультета и Донецкого национального университета в целом.

Представленный сборник включает работы, посвященные широкому кругу проблем – от фундаментальных вопросов биофизики до прикладных – изучению флоры и фауны конкретных объектов. В связи с тем, что Донбасс является одним из наиболее промышленно развитых регионов Европы, в значительной части работ обсуждаются вопросы биоиндикации степени и направления трансформации различных компонентов биоценозов под воздействием антропогенных факторов, в том числе и различные методы тестирования промышленных загрязнений. Затрагиваются проблемы адаптации живых организмов к антропогенно измененной среде, применения биотехнологических достижений для ее оптимизации.

Важнейшим этапом исследований является первичная инвентаризация флоры и фауны как естественных, так и антропогенно трансформированных территорий. Исследование растительности и животного населения промышленно развитых регионов представляет значительный интерес как с позиций природоохранных мероприятий, так и изучения реакций биоценозов на действие комплекса антропогенных факторов. Значительная часть представленных работ содержат результаты подобных исследований.

Резюмируя сказанное выше, отметим, что статьи этого выпуска сборника, основаны на значительных массивах оригинальных данных, исследования проведены с привлечением адекватных целям работы методик, и могут представлять интерес как для специалистов, работающих в области фундаментальной биологии, так и для тех, кто занимается прикладными вопросами.

Ответственный секретарь сборника,
канд. биол. наук А.Д. Штирц

С.В. Беспалова, В.А. Максимович **БИОФИЗИКА В НОВОЙ ЭПОХЕ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: biophys@dongu.donetsk.ua

Беспалова С.В., Максимович В.А. Биопфизика в новой эпохе. – Рассматривается переход к изучению сверхсложных информационных систем. Приводятся четыре основных направления предстоящих научных поисков. Охарактеризована государственная Программа создания инновационных технологий.

Ключевые слова: сверхсложные информационные системы, инновационные технологии.

Человечество вступило в постиндустриальную эпоху, именуемую интеллектуалами по главному отличительному признаку информационной. Экспансия информационных устройств и языков общения с ними быстра и безгранична.

Одновременно происходило, происходит и неотвратно будет происходить усложнение деятельности человека и его взаимодействий с миром. Объяснение очевидное: постепенно человек избавляется от простых операций и решений, которые поддаются изобретателям и ученым. Их вымывание из множества ведет к повышению концентрации все более и более сложных.

Можно уверенно утверждать, что человечество идет в суперсложный информационный мир.

Наука, прежде всего, биопфизика, вынуждена пересмотреть свои приоритеты, и с учетом особенностей наступающей эпохи, переформировать свои авангарды.

На наш взгляд, главными будут следующие проблемные направления:

1) получение фундаментальных знаний о функционировании сверхсложных систем, таких как живой организм, популяция, биотическое сообщество, социум, психика;

2) исследование закономерностей и модельное описание само- и гетероуправления функционирования сверхсложных систем с разным удалением от оптимума;

3) исследование закономерностей и модельное описание всех видов взаимодействия сверхсложных систем;

4) сценарии генеза и финиширования экологических возмущений, включая информационные перегрузки и все виды биоэкологических взаимодействий.

Сформулированные проблемы, по нашему мнению, не игнорируют, а включают существующие, но на более глубоком и расширенном уровне, основываются на всей экспериментальной базе биопфизических, физиологических, биохимических и других исследований процессов.

Как видно, в сформулированных проблемах речь идет о сверхсложных системах и тем самым они отграничиваются от сложных систем. Конечно, граница между сложными и сверхсложными системами не такая уж четкая, размытая, как сейчас говорят, каждое из этих множеств (сложное и сверхсложное) относятся к нечетким множествам по классификации Лотфи Заде.

Скажем очень кратко об итогах изучения сложных систем.

Интенсивное развитие физических методов исследования биологических систем определило прогресс в биологии и медицине. На рис. 1 даны изображения вируса ВИЧ, полученного с помощью атомного силового микроскопа с разрешением порядка десяти нм, то есть размера десятка атомов.

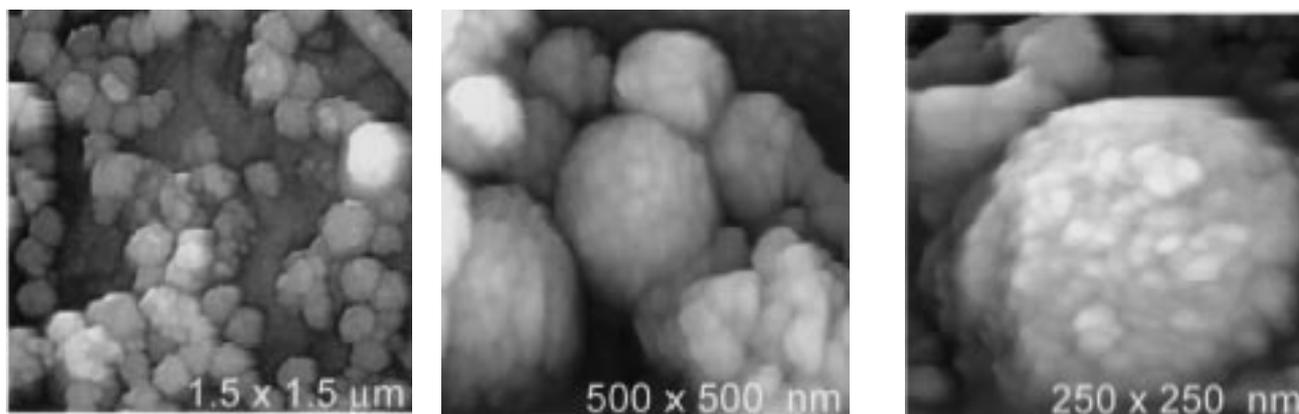


Рис. 1. Изображение вируса ВИЧ, полученного с помощью атомного силового микроскопа

Прогресс в производстве совершенных наночастиц (в том числе магнитных) позволил на практике реализовать магнитно нацеленную доставку лекарств к определенному органу.

Результаты экспериментального и теоретического изучения сложных систем воплотились в протезирование конечностей и органов чувств (зрения, слуха и др.), в искусственное сердце, почки и другие внутренние органы; в биотехнологии, например, с использованием стволовых клеток, в разнообразные роботы и другие устройства с искусственным интеллектом, нанобиотехнологии и прочее.

Но прежде чем все это было изобретено, были раскрыты соответствующие биофизические закономерности. На их основе были и еще будут созданы многочисленные устройства и системы, которых не было в природе или они лишь отдаленно напоминают природные, как скажем, в бионике.

В свое время между СССР и США шло негласное и гласное соревнование в этом направлении, такое же, как и в космосе. На определенном этапе ученые обеих стран сделали попытки свести вместе и согласовать указанные сложные системы в сверхсложные.

В каждой такой сверхсложной системе, объединенной из сложных систем, просматривалось в совокупности до 1000 физиологических переменных.

Однако по состоянию на конец прошедшей эпохи этот проект и в США, и в СССР не завершился успехом. Сложные системы, которые каждая в отдельности (сердце, легкие, почки и т.д.) функционировали нормально, при объединении в сверхсложную *не синергировали*, отсутствовала их согласованность.

Собственно сверхсложная система не состоялась, ее не получилось. Особенно это проявилось при нагрузках, при возмущениях, даже не агрессивных. Последнее вызвало пессимизм к возможности создания самосогласованной системы, тем более к прогнозной.

Сейчас мы должны исправить положение, подхватить эстафету и понести ее дальше, тем более что движение по этому пути сулит не только научные, но многообразные практические результаты.

Приведем лишь один пример, относящийся к взаимодействию сверхсложных систем

На рис. 2 представлен пример из нашей научно-практической и образовательной Программы "Разработка комплекса биологических технологий диагностики, профилактики и восстановления экологического состояния техногенного региона" [1]. Как видно, с помощью одной сложной системы мы можем диагностировать состояние другой. Можно создать также вполне инновационные технологии, когда одна система будет улучшать деятельность другой, то есть фактически управлять ее состоянием. Возможно превентивное, профилактическое применение.

И всему этому отдельные эмпирические примеры в мире есть. Так, биологическими способами сделали Рейн (нем. *рейн – чистый*) действительно чистым. Успех биофизики очевиден.

Из рис. 2 видно, что только по экологическому направлению можно ожидать 84 принципиально новых биофизических технологий. Если "запустить" все предложенные нами направления, объединить их в Программу, то мы вправе ожидать даже не сотни, а тысячи новых технологий, подчеркнём, биофизических технологий.

Мы уверены, что среди них будут очень рентабельные. Правда, довести до рентабельности, воплотить их в жизнь задача не совсем легкая, но в рыночном обществе специалисты найдутся, были бы технологии.

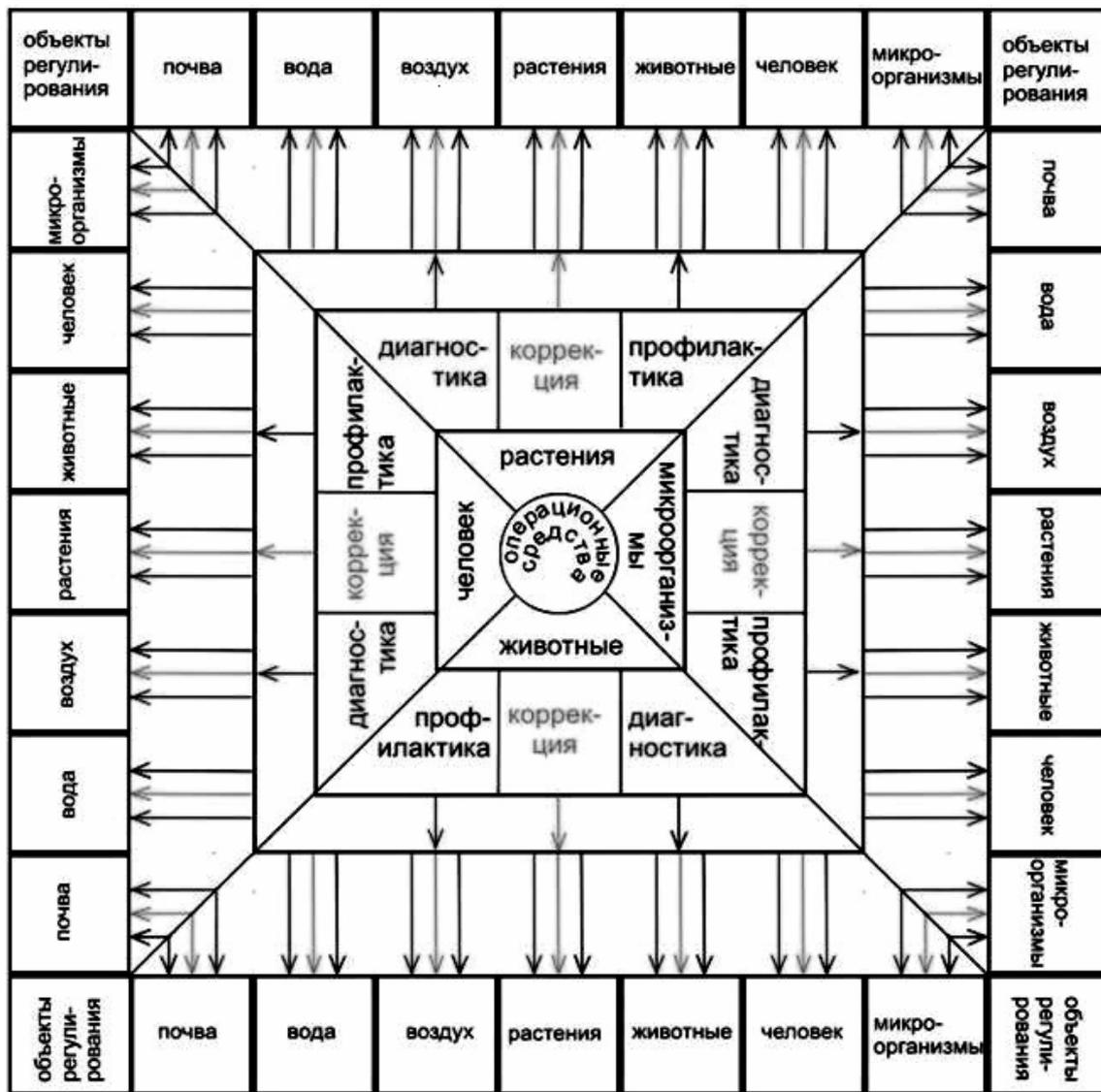


Рис. 2. Ожидаемые инновационные технологии

В основе любой технологии лежат фундаментальные знания и понимание закономерностей на микроуровне.

Совершенно особую роль в сложных и сверхсложных биосистемах играют водородные связи.

Их универсальность проявляется во всех категориях: структуре и свойствах живых организмов, в их форме и, особенно, в реализации процессов.

Они лежат в основе *формирования биосистем и сверхсложных систем*. Не кремниевые, не углеродные, не другие, а – водородные.

Динамичность водородных связей обеспечивает лабильность (подвижность) биологических структур при реализации их разнообразных функций. Главным образом,

энергетической в ее связи с механикой и преобразованием энергии стимулов в психоакты типа ощущений и восприятий.

Напомним роль водородных связей, причем в следующей последовательности: от возникновения жизни, далее – в функционировании, и – до старения.

В поиске планет пригодных для жизни на первое место ученые ставят наличие воды. По-видимому, точнее было бы с точки зрения биофизики определить – наличие водородных связей как универсального свойства для жизни, для ее возникновения и фундамента для развития. И в них объяснение необычных свойств воды и водного состава живого.

Н-связи удерживают пары оснований в ДНК и обеспечивают устойчивость ее структуры в виде двойной спирали. Они ответственны за сохранение и передачу наследственной информации (рис. 3).

Они также определяют и пространственную структуру белков, и их функции.

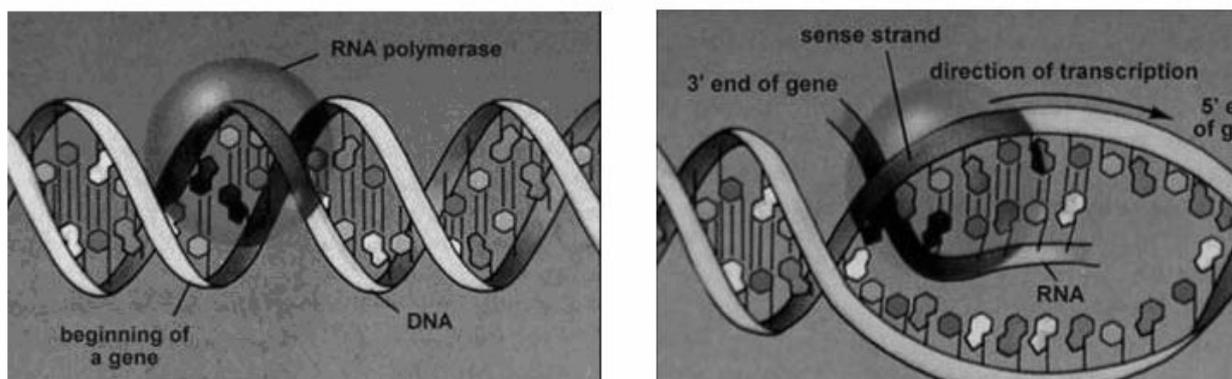


Рис. 3. Функциональная роль водородных связей

Модель возбуждения водородной связи при распаде АТФ

Протон Н-связи является акцептором порции энергии АТФ (рис. 4) [2]. Возбуждение Н-связи – возможный универсальный первичный физический механизм механохимического преобразования энергии в живых системах [3-4].

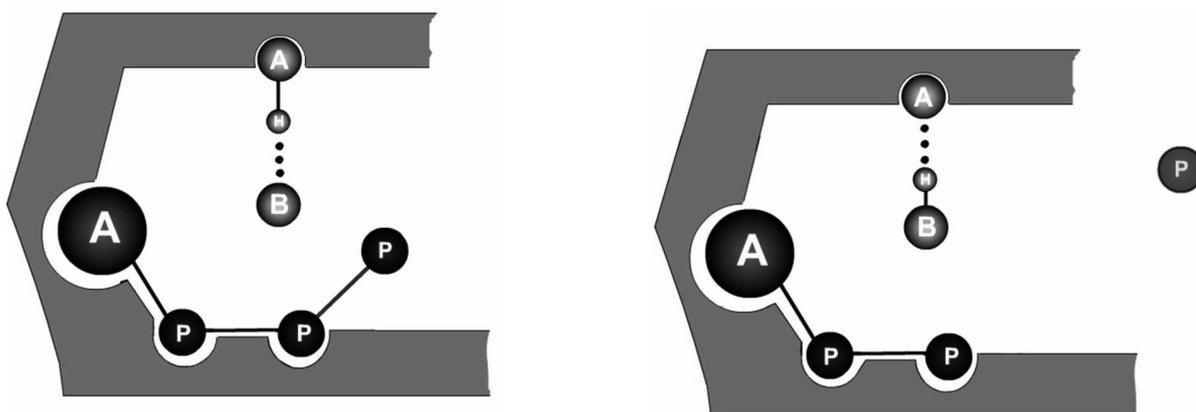


Рис. 4. Водородные связи в реализации биоэнергетических процессов

Н-связи обеспечивают передачу энергии и информации в биомолекулярных системах [5].

Н-связи порождают дальнедействующие силы, вызывают изменения конформаций макромолекул и их перемещение [6-7]. Реализуют различные формы биологической подвижности (рис. 5).

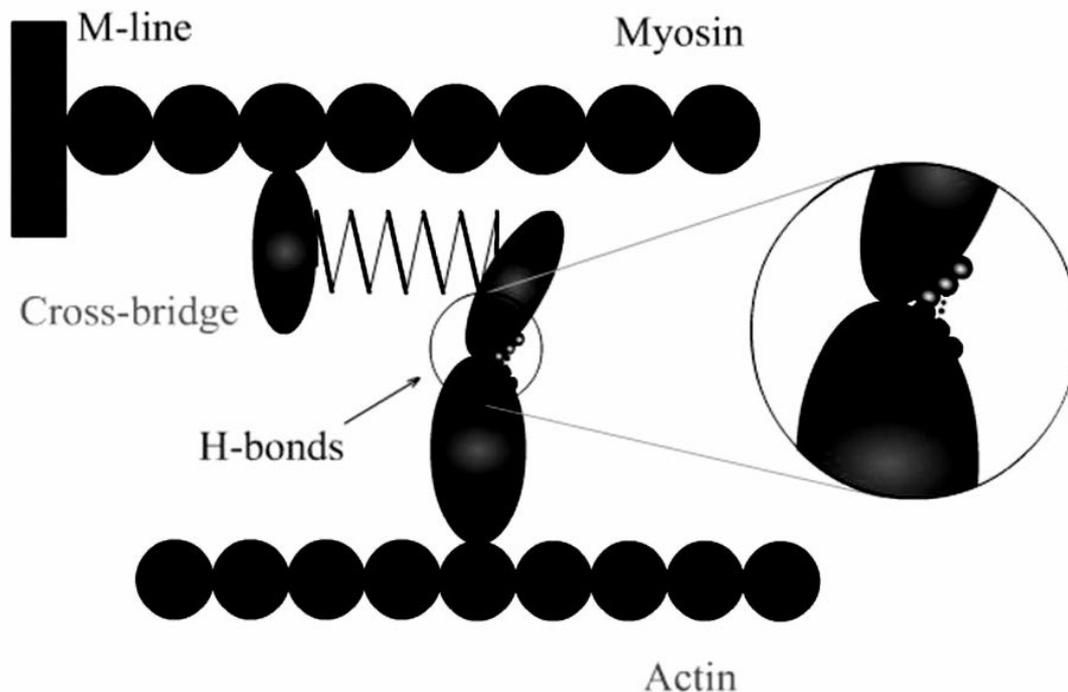


Рис. 5. Водородные связи в реализации процессов биологической подвижности

Водородные связи, по-видимому, играют определяющую роль в восстановлении структуры тканей и образовании прочного шва при сварке живых тканей.

Одним из механизмов старения является трансформация Н-связей в жесткие связи – ионные и ковалентные [8].

Уникальна роль водородных связей для объединения (*консолидации*) систем, что повышает их самосохранение. Они лежат в основе эволюции. Только они обеспечивают и могут обеспечить то, что мы называем прогресс.

Еще одно универсальное свойство водородных связей в сверхсложных системах. Они начинают организовываться еще до проявления какого-либо их материального движения. В их предорганизации участвует предшествующий проект, план предстоящего движения. Это в науке именуют антиципацией, предваряющей установкой, алгоритмом, схемой, по которой будут разворачиваться события.

Следует сказать, что водородные связи очень *чувствительны к воздействию слабых внешних электромагнитных полей* и малых "гомеопатических" концентраций различных веществ [9].

Повреждение Н-связей является первичным механизмом вредного воздействия на живые организмы. Поскольку, во-первых, именно они, а не сильные химические связи, определяют приспособительную устойчивость биосистем; во-вторых, разрыв водородных связей нарушает механизм обеспечения энергией различные виды деятельности [10].

Из всего изложенного следует, что биофизика уже в ближайшее время может стать поистине производительной силой. Но для этого нужно поставить соответствующую цель, определить силы и средства её достижения, расставить отвечающие цели кадры, которые обязательно решат все.

Для выполнения такой научной и инновационно-технологической программы необходимы и кадры несколько иной акцентуации, чем сейчас готовятся.

Во-первых, нужны не "люди-справочники" по константам и формулам, а творцы, креативно решающие задачи перечисленных направлений. Во-вторых, должны быть научные "разведчики", с тем отличием, что им в их совершенно легальной и правовой задаче поиска,

распознавания и заимствования в мире возникающих биофизических технологий, помогут современные информационные средства (Интернет, и др.).

Главное, чтобы: у них была развита интуиция на эти новшества; они организовывали бизнес-информацию об этих новшествах в экспресс-потоке; общество биофизиков стало неотъемлемой частью экономического развития государства.

Для этого могут внедряться инновационные формы обучения в образовательный процесс. Примером является разработка экспериментов *on-line* [11]. Эксперимент *on-line* – это реальный эксперимент, управляемый с помощью компьютера с любой точки земли.

На рис. 6 показаны два типа подобных экспериментов:

"Вью"-эксперимент – наблюдательный;

"Ремоут" – отдаленный эксперимент с возможностью получения файла данных для дальнейшей их обработки и управления экспериментом.

Разработка подобных лабораторных работ позволит в перспективе подключиться к Европейской сети образовательных лабораторий и использовать имеющийся потенциал других университетов.

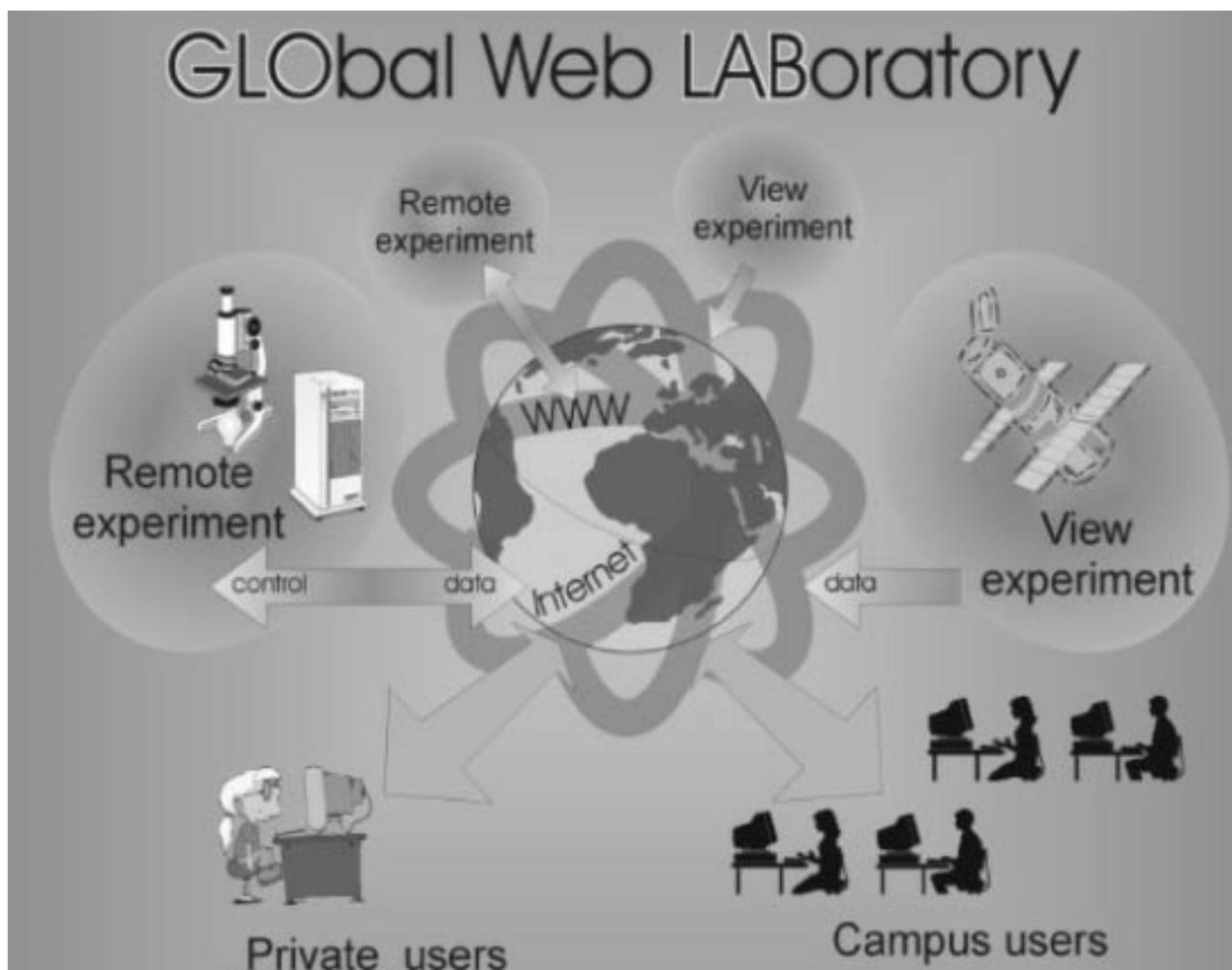


Рис. 6. Схема глобальной Web-лаборатории

Что же в этих направлениях осуществляет кафедра биофизики ДонНУ в содружестве с учеными учреждений Донбасса и не только его?

Учреждения, сотрудничающие с кафедрой биофизики в науке и подготовке кадров

Донецкий физико-технический институт НАН Украины;
Институт физико-органической химии и углехимии НАН Украины;
Институт магнетизма НАН Украины;
Институт экономики промышленности НАН Украины;
НИИ медико-экологических проблем и угольной промышленности Донбасса;
Laboratory of Magnetism, Institute of Experimental Physics, University of Bialystok, Bialystok, Poland;
Institute of Physics ASCR, Prague, Czech Republic;
Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького;
НИИ травматологии и ортопедии ДонГМУ им. М. Горького;
Донецкий национальный технический университет;
Донецкий государственный университет экономики и торговли им. Туган-Барановского;
Государственное управление экологии и природных ресурсов в Донецкой области;
Донецкий национальный университет (кафедры химического, физического и др. факультетов).

Представленные институты являются научно-образовательными базами, где проводятся занятия, выполняются курсовые и дипломные работы студентов, исследования аспирантов и докторантов.

Основная научная тематика кафедры биофизики

Биологическая подвижность (механизмы мышечного сокращения, работа молекулярных моторов и др.) (рук. – проф. Беспалова С.В.)

Физический механизм восстановления структуры тканей (рук. – акад. НАН Украины Барьяхтар В.Г., проф. Беспалова С.В.)

Математическое моделирование биологических процессов (рук. – доц. Гусев А.А.)

Изучение механических свойств живой клетки методом магнитной микроманипуляции (рук. – проф. Заблоцкий В.А.)

Влияние магнитных полей на биосистемы (рук. – доц. Хиженков П.К.)

Биологическое моделирование магниторецепции животных (рук. – доц. Нецветов М.В.)

Изучение взаимодействия биологически активных веществ (ДНК, лекарственных веществ, красителей, ионов тяжелых металлов и др.) с мембраной эритроцитов (рук. – доц. Доценко О.И.)

Физико-химический механизм старения (рук. – доц. Билобров В.М.)

Биофизические основы стерилизации высоким давлением (рук. – проф. Шаталов В.М.)

Механизмы действия физических факторов на человека (рук. – проф. Сокрут В.Н.)

Влияние низко- и сверхнизкочастотных магнитных полей на ионный и водный баланс в поврежденной нервной ткани (рук. – ст. науч. сотр. Энглези А.П.)

Биофизика критических состояний (рук. – проф. Калинин О.Г.)

Биофизические основы гигиены и физиологии труда (рук. – проф. Солдак И.И., проф. Горецкий О.С.)

Разработка комплекса биоиндикационных показателей вредного влияния экологии на здоровье населения Донбасса (рук. – проф. Максимович В.А.)

В заключение формулируем генеральную цель данного сообщения. Главным представляется формирование государственной общенаучной инновационной Программы. Для её выполнения IV съезд Украинского биофизического общества создал специальный комитет во главе с вице-президентом общества С.В. Беспаловой, который приступил к работе и уже подготовил проект академической и прикладной Государственной Программы "Инновационные технологии контроля и управления биологическими процессами в

экологии, медицине, сельском хозяйстве и производстве продукции для устойчивого развития Украины".

Программа подразделяется на ряд взаимосвязанных научных направлений (пока четыре): медицина, сельское хозяйство, производство продукции, экология. Их возглавляют ведущие специалисты страны. Предлагаемая этапность выполнения Программы представлена в нижеследующей таблице.

Этапы выполнения Программы

№ п/п	Наименование этапа	Срок выполнения (кол-во месяцев)	Ожидаемый результат выполнения этапа
1.	На основе собственного и мирового опыта обосновать диагностические способы контроля биологических процессов	12-18	Набор способов контроля биопроцессов
2.	Разработать технологии применения способов контроля биопроцессов	12-18	Технологии контроля биопроцессов
3.	Апробировать технологии контроля, откорректировать их и предложить для использования в социально-экономической практике	12-18	Откорректированные после апробации технологии контроля
4.	На основе собственного и мирового опыта обосновать способы управления биопроцессами	12-18	Набор способов управления биопроцессами
5.	Разработать технологии применения способов управления биопроцессами	12-18	Технологии управления биопроцессами
6.	Апробировать технологии управления биопроцессами, откорректировать их и предложить для использования в социально-экономической практике	12-18	Откорректированные после апробации технологии управления биопроцессами
7.	Подготовить нормативное и правовое обеспечение разработанных технологий для использования их на практике	12-18	Пакет документов (инструкции, нормы, правовые акты), обеспечивающий использование технологий

Список литературы

1. Беспалова С.В. Биотехнологии для нормализации экологии (программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научных работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10-21.
2. Беспалова С.В., Толпыго К.Б. Возбуждение водородной связи за счет энергии гидролиза аденозин-5'-трифосфата // Биофизика. – 1998. – Т. 43, вып. 3. – С. 484-489.
3. Bepalova S.V., Kirienko A.A. The model of hydrogen bond excitation in case of ATP hydrolysis // Physics of the Alive. – 1999. – Vol. 7, N 2. – P.100-106.
4. Беспалова С.В., Мищенко А.М., Шаталов В.М. Механизм трансформации химической энергии в биомолекулярных системах с водородными связями // Биофизика. – 2002. – Т. 47, вып. 2. – С. 226-232.
5. Bepalova S.V., Tolpygo K.B. Transfer of excitation energy by the hydrogen bond chain // J. Mol. Struct. – 1993. – 291. – P. 245-254.

6. *Bespalova S.V., Tolpygo K.B.* Excited hydrogen bonds in the molecular mechanism of muscle contraction // *J. theor. Biol.* – 1991. – V. 153, N 2. – P.145-155.
7. *Беспалова С.В., Толпыго К.Б.* Статистика цепочек актиновых глобул, растянутых водородными связями, и закон Хилла в квантово-механической теории мышечного сокращения // *Биофизика.* – 1996. – Т. 41, вып. 1. – С. 22-32.
8. *Билобров В.М.* Водородная связь. Межмолекулярные взаимодействия. – К.: Наук. думка, 1993. – 520 с.
9. *Лобышев В.И.* Вода как первичная мишень для слабых воздействий в биологических системах // *Физический факультет МГУ им. В. Ломоносова.* – С. 3, <http://library.biophys.msu.ru/gettext>.
10. *Максимович В.А., Солдак И.И., Беспалова С.В.* Биоэнергетика. – Донецк: Норд Компьютер, 2003. – 229 с.
11. *Maziewskii A., Dobrogowskii W., Zablotskii V.* GloLab: creating a global Internet-accessible laboratory // *Physics Education.* – 2007. – V. 42, N 1. – P. 72-75.

Беспалова С.В., Максимович В.О. Біофізика в новій епосі. – Розглянуто перехід до вивчення надскладних інформаційних систем. Наводяться чотири основних напрямки майбутніх наукових пошуків. Охарактеризована державна Програма створення інноваційних технологій.

Ключові слова: надскладні інформаційні системи, інноваційні технології.

Bespalova S.V., Maksimovich V.A. Biophysics in a new epoch. – Transition to studying of super-complicated informative systems has been discussed. Four basic directions of future research investigation have been given. State Program of Innovational Techniques has been characterized.

Key words: super-complicated informative systems, innovational techniques.

А.И. Сафонов

**ИНДИКАЦИОННАЯ БОТАНИЧЕСКАЯ ЭКСПЕРТИЗА – ОСНОВА
ЭКОЛОГИЧЕСКОГО МОНИТОРИНГА В ПРОМЫШЛЕННОМ РЕГИОНЕ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

e-mail: safonov@dongu.donetsk.ua

Сафонов А.И. Индикационная ботаническая экспертиза – основа экологического мониторинга в промышленном регионе. – Проведен критический анализ информативности данных фитоиндикационного мониторинга в антропогенно трансформированном регионе. Дано обоснование необходимости учета ботанических данных при хозяйственном проектировании, планировании и использовании природных ресурсов, мероприятиях по диагностике и восстановлению экосистем.

Ключевые слова: растения-индикаторы, экологический мониторинг, экспертиза, загрязнение среды.

Индикационная ботаника по сути – это любой реализованный прикладной проект с использованием растений, одним из результатов которого является получение информации о состоянии окружающей растении (а точнее, контактно-функциональные части объекта) среды.

Полученная информация весьма разнообразна. Это связано и с целями эксперимента, задачами реализуемой программы, возможностями глубины и детальности анализа на различном оборудовании с использованием различных методических приемов и, даже, как бы ни пытались доказать обратное, – в какой-то степени непосредственно экспериментатором.

Индикационный аспект ботанико-экологических исследований никогда не может реализовываться как самоцель. Практическими выходами таких разработок могут быть, а некоторые программы уже успешно реализуются, например, такие программы:

- **геолого-разведывательные работы**, успешно реализованные, когда ресурсный потенциал огромных территорий бывшего Советского Союза еще не казался человечеству таким исчерпаемым, как сейчас, – с помощью способов поисковой индикационной геоботаники были весьма эффективно "открыты" многие месторождения [3-6, 11];

- определение не только качественных, но и основных количественных **значений базовых экологических факторов**; так, градиентный анализ эффективно использован для ведущих экологических факторов, шкалы которых содержат различную размерность для влажности почвенного горизонта, кислотности почв, общего солевого и температурного режимов, содержания минерального азота и карбонатов, гумидности, континентальности и др. характеристик [4, 5, 9, 23, 35];

- реализация мониторинга (за) экологических(ми) систем(ами) различного иерархического уровня: от локального и регионального до глобального в рамках биосферного; при этом имеются в виду все определяющие современного понятия "**мониторинг**" – "**наблюдение**", "**оценка**", "**прогноз**" и, как необходимость, придающая им смысл – "**управление**" и другие актуальные вопросы.

Основные проблемы организации экологического мониторинга связаны с решением трех главных задач:

- создание сети пунктов наблюдения;
- возможность оперативного контроля объектов;
- выбор контролируемых параметров и показателей состояния объектов и индивидуальных аналитических параметров, необходимых и достаточных для адекватного описания состояния экосистемы.

Концепция создания комплексной системы мониторинга природной среды в настоящее время практически не может быть реализована, т.к. существующая система фактически состоит из отдельных подсистем мониторинга качества объектов природной среды (вода, воздух, почва), которые слабо методологически связаны между собой [10, 36]. Хотя это тоже не абсолютное утверждение, если учитывать появляющиеся сейчас в большем количестве

универсальные приборы-анализаторы, в числе которых часто используют и живые организмы, в первую очередь, – растения. В последние годы создаются системы мониторинга отдельных сред с их методологической и метрологической увязкой. При этом интегрирование систем мониторинга количественных и качественных показателей отдельных сред (загрязнения воды и гидрологии, атмосферы и метеорологии) необходимо сохранять и развивать с самого начала, т.к. в противном случае не будет обеспечена правильная оценка их состояния.

Для построения системы оперативного экологического контроля необходимо создание методологии и аппаратуры автоматического оперативного слежения за возможными экологическими правонарушениями на базе следующих приборов контроля:

- приборы типа "химический сторож" для автоматического контроля возможных нелегальных залповых сбросов и отбора их проб;
- приборы типа "черный ящик" для автоматического непрерывного контроля и документирования состояния вод, сбрасываемых предприятиями или станциями очистки и воздушных выбросов предприятий промышленно-энергетического комплекса;
- приборы типа "анализатор отпечатков пальцев" для идентификации виновников загрязнения путем сравнения состава веществ и их состав в потенциальных (подозреваемых) источниках загрязнения;
- приборы для автоматического отбора, хранения и подготовки к анализу пробы объектов окружающей среды в непрерывном (*on line*) режиме.

Исходя из уже полученных данных на растениях [1-3, 7-9, 12, 14-20, 24-26, 30, 31, 33, 34], все эти типы приборных исследований могут быть адекватно замещены и реализованы методами фитоиндикации – специфической и неспецифической.

Подобная "аппаратура" обеспечит возможность функционирования многоступенчатой системы контроля природной среды, представляющей собой открытую иерархическую структуру, где "на нижней ступени" установлена сеть простых датчиков, управляющих устройствами отбора пробы и включающих более сложные анализаторы старших ступеней в случае обнаружения аномалий состава и свойств контролируемой среды. При использовании живых организмов важно удачно подобрать объекты и корректно вычленить индикаторные информационные признаки.

Интегральный мониторинг (*ICP-IM*) предусматривает физические, химические и биологические измерения компонентов экосистем, проводимые одновременно в одних и тех же местах с заданной периодичностью. На практике осуществление интегрального мониторинга сводится к вычленению ряда частных подпрограмм, которые соединяются либо путем получения стандартного набора параметров (анализ межсредовых потоков вещества), либо путем получения стандартного набора параметров на замкнутых микробассейнах (причинно-следственный подход).

Одним из существенных достижений биологов Украины является огромная научно-практическая разработка экологической сети в рамках уже существующей Общеввропейской системы. На базе экологической сети, включающей все необходимые элементы (природные ядра, экологические коридоры и др.), реализуются многие вопросы и принципы экологического мониторинга.

Атрибутами проведения **мониторинговых исследований** (s.l. & s.st.) являются [7, 8, 12-22, 24-26, 33, 34]:

- шкалы,
- балльная оценка,
- диапазоны варьирования,
- количественные коэффициенты, в том числе и отклонения, атипичности,
- выражения специфики корреляции,
- картографическая визуализация,
- оценочное районирование,
- алгоритмизированные выражения,

- модели в разных формах их существования и др.,

причем все эти способы реализации могут быть использованы как автономно, так и в комплексе обработки и интерпретации результатов и данных.

Любой из указанных атрибутов мониторинга, т.е. в данном случае – "инструмент способа", является основным или дополнительным, но также весьма важным и информативным, пунктом системы **экологической экспертизы (ЭЭ)**. Одной из целей ЭЭ является **нормирование нагрузки на природные среды**, избежание критических дисбалансов, а значит и то же **управление** процессами, происходящими в природе, которое уже определено здесь как смысловой этап **мониторинга**.

Получается функционально замкнутый круг "экологических надстроек", роль и смысл которых существенно (в лучшем случае) пересекаются, а по большому счету и совпадают. Да, программы растут, множится специфика, возникают многочисленные уровни и подразделения, но, по сути, происходит фактическое дублирование многих принципиально значимых вопросов. Как, например, можно вычленивать автономный смысл экологической экспертизы, если в мониторинге отдельными разделами проведена оценка состояния среды? Экологическая паспортизация – это раздел мониторинга, экспертизы, экономики природопользования, экологического менеджмента, нормирования или все же еще чего-то? Если всего сразу, то зачем их (этих заголовков) так много? И каждому из них посвящены многочисленные обзоры, обоснования, прения и доказательства. Ситуация реально усугубляется "научными традициями" различных научных школ, переходом из разных языков и ассимилированием в новом смысле дополнительных терминов. Быть может всему виной фундаментальность экологических исследований? Как бы "являясь частью" (модной и привлекательной так называемой "современностью") классических наук, экология обречена диффузно разрастаться среди всех новых веяний прикладных систем охраны, контроля, управления природными средами.

Среди классических наук, используемых в экологических программах, очень удачно и, безусловно, небезосновательно выделяется ботаника. Информативность данных по состоянию растений неоднократно подчеркивается во многих научных разработках [1-9, 11-26, 28-35], но на фоне многочисленных цифровых, космических и неоаналитических методов разработки ботаников-экологов очень поверхностно представлены или незаслуженно игнорируются в учебниках, специализированных научных обзорах.

Самое ценное, сознательно и бессознательно осмысленное, чем дорожит человек – жизнь. По определению и основному содержанию, наука о жизни – биология. Совокупность форм и проявлений жизни на нашей планете – биосфера. 95(97)-99% биосферы – растительные организмы. Наука о растениях – ботаника. Судя из этой логической цепочки, которая не вызывает сомнений даже у старшеклассников, направление и развитие ботанических исследований в основной массе определяют уровень решаемых актуальных жизненных процессов.

Растительность, как биотический компонент любой природной экосистемы, играет решающую роль в структурно-функциональной организации экосистемы и определении ее границ. Фитоценоз, отдельные его составляющие не только весьма чувствительны к нарушениям окружающей среды, но и наиболее наглядно отражают изменения экологической обстановки территории в результате антропогенного воздействия. Индикаторы оценки состояния растений различаются в зависимости от географических условий и типов экосистем. При этом учитываются негативные изменения как в структуре растительного покрова (уменьшение площади коренных ассоциаций, изменение лесистости и др.), так и на уровне растительных сообществ и отдельных видов (популяций): изменение видового состава, ухудшение ассоциированности возрастного спектра ценопопуляций и др.

Плотность популяции видов-индикаторов – один из важнейших показателей состояния экосистемы, высокочувствительный к основным антропогенным факторам. В результате антропогенного воздействия плотность популяции "отрицательных" видов-индикаторов снижается, а "положительных" – возрастает. Пороговым значением антропогенной нагрузки

следует считать снижение (или повышение) плотности популяции вида-индикатора на 20%, а критическим значением – на 50%.

Состояние растительных объектов можно рассматривать как индикатор уровня антропогенной нагрузки на природную среду обитания (повреждение древостоев или хвой техногенными выбросами, уменьшение проективного покрытия и продуктивности пастбищной растительности и др.). Изменение проективного покрытия происходит в результате антропогенного воздействия на растительность разных типов, главными из которых являются механическое нарушение фитоценоза и химическое воздействие, приводящее к изменению жизненного состояния видовых популяций через изменение процессов метаболизма и водного баланса. Уменьшение запаса древесины основных лесообразующих пород свидетельствует о процессе деградации лесных экосистем в результате неудовлетворительной лесохозяйственной деятельности. Изменения качественных и количественных характеристик растительного покрова могут быть объективно интерпретированы только в сравнении с естественным состоянием растительных сообществ. При этом под фоновыми понимают относительно ненарушенные участки, аналогичные по своим природно-ландшафтным характеристикам исследуемой территории.

Важно, что принятие концепции абсолютной связи социальных, экономических и экологических процессов привело к развитию систем оценок состояния изменений окружающей среды и их причинно-следственных связей как юридического инструмента управления. Логичным продолжением этого процесса стали разработка и последующее внедрение в промышленную и хозяйственную практику системы международных экологических стандартов и нормативов *ISO 14000*.

На современном этапе отсутствует международно признанная методически и методологически **единая система индикаторов**. Программа ООН по окружающей среде (ЮНЕП) определяет термин "**экологический индикатор**" (*environmental indicator*) как статистические данные или параметр, которые, будучи рассмотрены во времени, обеспечивают информацией о тренде условий какого-либо явления. Как видно из определений, неотъемлемым свойством индикатора является временной вектор [10, 36].

Дополнительно индикаторы описываются как специально отобранные ключевые статистические показатели, которые представляют в комплексном виде, в отношении их значения, состояния окружающей среды, устойчивость природных ресурсов и связь с деятельностью человека; они фокусируются на трендах изменений среды, воздействиях, их вызывающих, ответных реакциях экосистем и их компонентов и реакции общества по предотвращению, снижению и ликвидации этих воздействий.

Экологический индикатор – это признак, свойственный системе или процессу, на основании которого производится качественная или количественная оценка тенденций изменений, определение или оценочная классификация состояния экологических систем, процессов, явлений. Значение индикатора описывает процесс или явление, выходящее за рамки его собственных свойств.

Фитоиндикация – прикладное направление ботанических исследований, безусловно, являющихся неотъемлемой частью экологических разработок.

Растения-индикаторы используются человеком в огромнейшем количестве с давних времен. Типичные и феноменальные возможности растений содержатся в многочисленных информационных базах. В нашем промышленном регионе многие типичные растения можно использовать как объективные научно-исследовательские лаборатории, по состоянию и реакции которых реально получать адекватную информацию о процессах, происходящих в окружающей среде.

Это направление интересно как с фундаментально-теоретической, так и с прикладной точек зрения: проведение экологического мониторинга, планирование и нормирование антропогенной нагрузки на природные системы, территориальная оценка уровней загрязнения в широком и узком смыслах – эти и сопутствующие им практические выходы характеризуют современные фитоиндикационные исследования в Донбассе. Направление

изучения фитоиндикационной информативности востребовано. Перед исследователями стоит четкая задача получения адекватной информации и правильного, корректного интерпретирования данных. Чем большие запросы перед этим научно-прикладным направлением, тем более специфические признаки используются.

Перспектива и потребность в фитоиндикационных исследованиях заключаются еще в том, что на территории Донецкой области сложились такие разноплановые, специфические и комплексные условия на фоне самых разнообразных форм влияния антропогенного фактора, которые позволяют считать всю территорию огромной экспериментальной лабораторией, где уже долгие годы реализуются наблюдения, проводятся опыты и получаются данные.

Но эти данные остаются в форме непонятных и невидимых, пока, во всяком случае, результатов, безусловно, требующих анализа.

Поэтому развитие такого направления, как "фитоиндикационный мониторинг антропогенно трансформированной среды" для юго-востока Украины является вполне обоснованным и представляет собой региональное "know how" с большой перспективой на экстраполяцию.

Данные по фитоиндикации являются в большинстве случаев аппаратом диагностики состояния экосистем, на основании которых реально получить **экспертное заключение**.

Проведение любой **экологической экспертизы** основывается на использовании информации о состоянии окружающей среды и знаний о процессах, в ней происходящих.

Экспертной системой принято называть систему искусственного интеллекта, которая создана для решения задач в конкретной проблемной области. В проблемной области "экологическая безопасность" основной задачей, которая ставится перед экспертами в этой области, и перед экспертными системами, является поддержка принятия решений.

Использование индикационных возможностей растений с целью экспресс-диагностики токсического загрязнения среды требует детального и корректного отбора объектов среди представителей природной флоры (тест-претендентов) с учетом их эколого-ботанических характеристик. Основными требованиями к индикационным показателям являются доступность получения результатов, информативность при анализе процессов, оценка репрезентативности данных для возможности их широкой экстраполяции и др., возможности стандартизации, проверки и сравнения полученных результатов.

Наиболее часто в качестве объекта анализа используют популяции доминантов, но это не всегда является определяющим. Лучшие результаты иногда можно получить и при использовании недоминантных видов, более чувствительных к определенному стрессору. Могут существовать виды и сообщества, которые сами по себе не являются индикаторами, но имеют индикационные признаки.

Для того чтобы индикатор или индикационный признак имели практическое значение, они должны иметь значительный уровень сопряженности с объектом индикации. Степень связи индикатора с индикатом определяет достоверность первого. В качестве показателя достоверности принимали соотношение количества пробных участков, где индикатор сопряжен с индикатом, к количеству участков, в которых такой сопряженности не обнаружено. Полевые сборы проведены для растений с достоверностью 100%. Один показатель достоверности еще не обозначает практической ценности индикатора.

Очень важным является обстоятельство, насколько часто встречаются данный индикатор и объект индикации. Эта характеристика имеет название значимости индикатора. Достоверность и значимость индикатора – понятия неидентичные. При оценке достоверности выходили из суммы площадей, на которых был зафиксирован данный индикатор, определяли процент площадей, где индикатор сопряжен с объектами индикации. При оценке значимости достаточным количеством особей для одной пробной площади считали 50 экземпляров.

На основании рекогносцировочных работ и лабораторных экспериментов мы выбрали группу растений для выяснения их фитоиндикационной значимости в условиях усиленной металлонагрузки на почвы по трем принципиально различным направлениям: эколого-

ботанические характеристики, показатели сравнительно-структурной пластичности и по результатам лабораторного тестирования.

С целью наблюдения, визуализации и обработки информации на территории исследования (Артемовский и Константиновский районы Донецкой области) построена 302-компонентная мониторинговая сетка и выбраны 13 модельных пробных площадей для детального анализа и иллюстрирования результатов наблюдений (1996-2006 гг.)

По ботанико-экологическим характеристикам выбраны перспективные тест-виды для проведения исследований: *Cichorium intybus* L. (для использования во всех блоках запланированного эксперимента), *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip. (для использования в лабораторном, палинологическом и карполого-эмбриологическом блоках), *Plantago major* L. (для лабораторного, фолиологического и палинологического анализов), *Tanacetum vulgare* L. (исследования лабораторного, палинологического и карполого-эмбриологического блоков), *Reseda lutea* L., *Berteroa incana* (L.) DC. и *Echium vulgare* L. (лабораторные и палинологические исследования) и *Tragopogon major* Jacq. (лабораторные исследования).

Общие направления исследования основаны на синтезированном системном подходе и использовании методов аутэкологической структурной фитоиндикации.

Стратегия непосредственно фитоиндикационного исследования заключается в следующем: 1) определение для модельных объектов (тест-видов) признаков, которые характеризуются наибольшей индикаторной вариабельностью; 2) изучение структурных элементов растений в динамике, а также установление их связи с другими структурами и показателями металлопрессинга.

Выбор методов изучения анатомо-морфологических особенностей растений, произрастающих в условиях антропогенно трансформированных экотопов, был детерминирован необходимостью выявления дискретных признаков для составления шкал по диапазону морфопластичности, установлением специфики отдельного признака и созданного на его основе показателя или показателей, а также возможностью отбора большого количества образцов и наличием достаточного времени для однородной их обработки в камеральных условиях при создании базы данных. Проведен анализ дискретных признаков листовых пластинок, пыльцевых зерен, семян и плодов тест-видов. Оценка техногенной нагрузки на территории опыта проведена методом картосхематической визуализации на основе данных химико-аналитического определения содержания металлов в почвах и фитообъектах (атомно-абсорбционный и рентгенофлуоресцентный методы).

Исследования структурных элементов растений проведены по общеизвестным методикам, описанным ранее [7-8, 27-32]. Светооптическое изучение гистоструктурных особенностей растений проведено на временных и постоянных препаратах с помощью микроскопа Ergaval. Для окрашивания пыльцевого материала использовали красители: метиленовый синий, ацетокармин, орсеин и гематоксилин.

Установление сопряжения признаков структурного полиморфизма с факторами металлопрессинга на почвогрунты проведено по значениям коэффициентов корреляции для больших выборок и рангов по Кенделу при определении прямой (линейной) корреляционной связи, а также по коэффициенту детерминации при установлении степени непрямо́й корреляции и детерминации на основе построения индикаторных шкал. Диапазон варьирования признака в каждом отдельном случае определен эмпирическим методом – на основе полученных результатов для блока данных.

При формировании системного подхода к проблемам фитоиндикационной оценки степени загрязнения учитывали следующее:

1) выбранные блоки "лист-пыльца-плоды" – это системы, которые составлены из определенных структурных элементов (например, основных эпидермальных клеток, трихом, устьичных комплексов, кутикулярного слоя и др. для первого блока), между которыми существуют четко определенные морфогенетические и эколого-морфофизиологические корреляции;

2) определенные связи существуют в системе "структурные элементы – факторы", что более четко проявляется в условиях монофакторного действия при однородности других экологических влияний; но в природных условиях практически невозможно элиминировать общие многочисленные факториальные характеристики; в этом случае необходимо использовать методы статистической обработки и обязательно использовать несколько альтернативных показателей (например, коэффициенты корреляции, детерминации), а также дополнительные методы (например, производные картографического визуализационного метода, метода наложения плоскостей, совпадения динамических территориальных изменений признаков во временном аспекте и др.);

3) происходит постоянная дифференциация и трансформация элементов строения растительного организма в аспекте "структура тест-вида – окружающая среда";

4) лист, пыльцевые зерна, семена и плоды в условиях гетерогенной среды организованы с позиции надежности и консервативности биологических систем.

Общая схема последовательности выполнения эксперимента: подбор территории исследования → выбор перспективных фитоиндикаторов → анализ миграционных потоков и локализации тяжелых металлов → установление местных стандартов варьирования дискретных признаков растений или отдельных их показателей → построение шкал экологической пластичности индикаторов → разработка и применение метода картосхематической визуализации полученных данных на плоскости → поиск корреляционных связей в системе "фактор-признак" → установление сопряженных групп совместных и сопутствующих характеристик → возможный прогноз дальнейшего состояния ботанико-экологических показателей территории → ... апробация, использование и усовершенствование методов структурной фитоиндикации.

Таким образом, установлены определенные реакции растений на загрязнение антропогенно трансформированной среды тяжелыми металлами и разработан метод структурной фитоиндикации для Донбасса. Выделены как перспективные тест-виды *Cichorium intybus* L., *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Plantago major* L. и *Tanacetum vulgare* L. для проведения постоянного комплексного грунтово-металлотоксичного мониторинга антропогенно трансформированных экотопов по показателям структурного полиморфизма растений. Загрязнение корнеобитаемого слоя техногенных почв токсичными элементами характеризуется высоким уровнем содержания Cu, Zn, Pb, Cd, Hg и Ni (превышает ПДК в 2,9-16,3 раз), что является достаточным для разработки методов фитоиндикационной оценки металлопрессинга в натурном эксперименте. Наибольший диапазон аккумуляции в корнеобитаемом слое грунтов имеют Zn и Pb (до 900-1000 мг/кг), наименьший – Cd (до 10 мг/кг) и Hg (до 3 мг/кг), что согласуется с общими тенденциями биогеохимического цикла тяжелых металлов в почвах индустриального региона. Статистически доказано, что при увеличении уровня загрязнения почв тяжелыми металлами достоверно увеличивается степень структурного полиморфизма тест-объектов. Такие дискретные признаки *Cichorium intybus* L., как индекс сокращения полярного утолщения, степень дефектности пыльцы, вариабельность скульптуры поверхности плодов, частота встречаемости тератологической схизокотилии и др. являются информативно-индикаторными по специфическому характеру проявления. Предложены следующие критерии информативности метода структурной фитоиндикации: значения коэффициентов корреляции и детерминации; наличие групп и блокового совпадения сопряженности показателей структурных изменений растений с компонентами поэлементной металлогении в системе их внутренних связей; данные картосхематической визуализации; синхронное соответствие динамики блоков структурных характеристик растений градиенту токсической нагрузки на почвогрунты антропогенно трансформированного региона. Установлено, что включение тяжелых металлов в биогеохимические циклы связано с двумя часто взаимосвязанными факторами: природными геохимическими процессами и антропогенной деятельностью. Последний фактор для техногенно трансформированного региона Донецкой обл. имеет определяющее значение при формировании металлопрессинговых зон –

металлогенных провинций (ареолов). На основании внедренной системы структурной фитоиндикационной оценки загрязнения почв тяжелыми металлами выделены три общих структурно-трансформационных металлогенных блока: Ni; Cu–Zn–Pb и Cd–Hg. Степень усложнения строения трихом ретортообразного типа, индекс деформированности околопучковой паренхимы листовой пластинки, степень дефектности пыльцы, частоты встречаемости яйцеобразной и сферической форм семянки и вариабельность скульптуры плодов *Cichorium intybus* L. достоверно коррелируют с загрязнением грунтов Ni. Информативными показателями блока Cu–Zn–Pb являются: индекс деформированности терминальной флоремы листовой пластинки, частота встречаемости простых кроющих трихом, толщина семенной кожуры и количество воздушных полостей на поперечном срезе в центральной части пода (для Cu); усложнение трихом сферической формы, степень деформированности основных эпидермальных клеток листовой пластинки, частота встречаемости пыльцевых зерен с шестигранными полярными утолщениями, вариабельность плодов по форме и индексы матрикальной гетерокарпии и гетероспермии в узком смысле (для Zn); частота встречаемости трихом железистого типа, толщина кутикулы листа, степень усложнения строения трихом нитчатого и разветвленного типов, вариабельность общего утолщения пыльцевых зерен, индексы матрикальной гетерокарпии и гетероспермии в широком смысле, частота встречаемости остро-клинообразной формы семянки и тератологической схизокотилии (для Pb) *Cichorium intybus* L. Установлено, что индекс аномальности анастомозной сетки листовой пластинки, частота встречаемости пыльцевых зерен с атипичным строением лакун, частота встречаемости конической формы семянки и толщина слоя эндосперма (для Cd); количество деформированных устьичных комплексов, индекс сокращения полярного утолщения, вариабельность формы пыльцевых зерен, толщина слоя склеренхимы, частоты встречаемости деформированного или несформированного зародыша и тератологической синкотилии плодов (для Hg) *Cichorium intybus* L. являются информативными показателями блока Cd–Hg. Проявление индикаторного полиморфизма видоспецифично, что установлено по строению листовых пластинок *Cichorium intybus* L. и *Plantago major* L., степени дефектности пыльцы *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip., *Tanacetum vulgare* L., *Berteroa incana* (L.) DC. и *Echium vulgare* L., индексам структурной пластичности плодов *Cichorium intybus*, *Tripleurospermum inodorum*, *Tanacetum vulgare* и др.; при этом у разных видов растений изменяются разные структуры (элементы строения пыльцевых зерен *Cichorium intybus*, *Reseda lutea* L., *Plantago major*). По установленным тенденциям накопления тяжелых металлов в грунтах Донбасса спрогнозировано дальнейшее увеличение содержания Cu, Zn и Hg, особенно в зонах, которые не являются центрами промышленной деятельности, уменьшение содержания Pb в корнеобитаемом слое почвогрунтов и проявление прямо или опосредованно зависимых от этих процессов изменений структурных показателей растений-индикаторов.

Для предварительного и текущего фитоиндикационного тестирования необходимо разработать специальный аппарат интерпретации и индексирования для адекватного и корректного сравнения вариабельности признаков (формирования сопряженных групп) с показателями эколого-токсикологического состояния на определенной территории.

При оценке и сравнении разработок ученых Донецкого национального университета и Донецкого ботанического сада НАН Украины с уже имеющимися методами и способами биомониторинга на основании индикационной значимости было предложено использовать следующие критерии (их дальнейшая детализация и конкретизация в стадии разработки):

- обоснованность,
- возможность дифференциального анализа,
- выявление специфичности,
- стоимость,
- быстрота анализа,
- возможность комплексного исследования,
- информативность,

- необходимость в материальном оснащении,
- возможность визуализации данных,
- территориального ранжирования и распределения,
- плоскостная зависимость,
- степень комплексности,
- наличие региональных стандартов,
- возможность использования при хозяйственном планировании,
- целесообразность в условиях природопользования,
- изучение прикладных аспектов,
- изучение классических теоретических аспектов,
- дистанционное овладение методическим блоком,
- возможность шкалообразования,
- ранжирование по наглядным стандартам,
- необходимость повтора эксперимента,
- экспрессивность,
- вариативность трактовки,
- возможность активного и пассивного мониторинга,
- альтернативность,
- возможность создания компенсаторности,
- возможность экстраполяции,
- достоверность прогнозирования,
- экологичность в широком и узком понимании и др.

В настоящее время при разработке способов фитоиндикационного тестирования степени нарушенности экосистем и(или) уровней антропогенной нагрузки (в первую очередь, токсикологического содержания) возникла необходимость обобщения полученных данных и апробации комплексного способа интегральной оценки.

Проект способа "Интегральный фитоиндикационный показатель сочетанного воздействия факторов неспецифического стресса".

В условиях антропогенно трансформированной среды и повышенной токсической нагрузки на природные системы **первоочередным вопросом было поставлено** выяснение возможности и реальности практического внедрения методов фитоиндикации с целью общей суммационной оценки экологического дисбаланса в промышленном регионе.

На современном этапе авторских разработок на кафедре ботаники и экологии ДонНУ перспективными тест-объектами являются: цикорий дикий, ромашка непахучая, подорожник большой, резеда желтая, ежа сборная, пижма обыкновенная и др.

В данном случае важным является не именно наличие вида как такового на определенной территории, а **степень и специфика его структурной индикаторной разнокачественности**, проявляющаяся в условиях гетерогенной среды.

То есть, речь идет **не о видах-индикаторах, а об индикационных признаках** этих видов с широкой экологической амплитудой в условиях различных техногенных экотопов.

Наиболее информативными (свыше 92% вероятности прогноза) признаками суммационного эффекта являются:

- степень дефектности пыльцевых зерен,
- индекс трихоморазнообразия,
- индексы матрикальной гетерокарпии и гетероспермии,
- индексы тератологической син- и схизотитилии.

Для каждого показателя индивидуально разработана аддитивная оценочная **10-балльная шкала**, учитывающая весь диапазон структурной экологической пластичности.

Для получения общего интегрального показателя стрессовой нагрузки на природную систему предложено суммировать эти шесть основных показателей для каждого из шести видов растений природной флоры юго-востока Украины.

Суммационный показатель реакции растений численно и будет равен интегральному уровню и силе факторов стресса на экологические системы анализируемого региона. Максимальное количество баллов с использованием этих признаков равно 60, минимальное – 6. По предварительным данным рекомендуется суммационный индекс со значениями 6-15 считать соответствующим нормальному состоянию экосистемы,

16-25 – допустимому,

26-40 – превышающему,

41-60 – недопустимому уровню дисбаланса в анализируемых природных системах.

Все промышленные страны мира в той или иной степени обеспокоены состоянием природной среды. Для контроля за ним используются различные характеристики, называемые **индикаторами, индексами, критериями** и др. Наиболее быстро внедряющиеся в природоохранную и управленческую практику системы оценок состояния среды в программах устойчивого развития западных стран методически далеко не безупречны и в существующем виде плохо адаптированы к природно-географическим и экономическим условиям анализируемого государства.

Но в то же время проблема развития национальных критериев (индикаторов) на этой методологической основе представляет крайне актуальную задачу. Необходимость ее скорейшего решения определяется все более глубоким вовлечением Украины в системы международных связей в области охраны среды. Приток зарубежных инвестиций в экономику зависит в том числе и от внедрения системы международно признанных требований и стандартов в области охраны среды и принципов развития экономики (экологический аудит, оценка выполнения взаимных обязательств и т.д.).

Общая политика финансовых институтов западных стран в обязательном порядке декларирует требования экологической безопасности экономической деятельности на основе концепции Программы развития Всемирного банка: "... экономическая активность является необъемлемой частью окружающей среды... экологические индикаторы – обязательная часть системы принятия решений...".

На современном этапе рассматривается набор показателей (индикаторов), характеризующих объекты информации, которые влияют на устойчивость природно-технических систем, их взаимосвязи и величину нормативных значений, способа мониторинга фактических значений этих показателей.

Состав и характеристики региональных экологических индикаторов должны:

- соответствовать международным принципам их определения;
- включать в себя уже имеющие нормативный статус экологические индикаторы, как международные, так и национальные;
- позволять проводить их обсуждение, корректировку и согласование в рамках региональных международных схем и системы специализированных уполномоченных органов управления;
- принимать как нормативно-рекомендательный документ для региона и местных органов управления;
- использовать существующую статистическую и мониторинговую систему отбора экологической информации за немногими исключениями;
- иметь научно-методическое обоснование сигнального (предварительного) списка индикаторов, оценки репрезентативности описания критериев состояния и формулировку индицируемых экологических проблем и процессов региона.

Принципиально важным является введение нового параметра – скорости изменения (деградации) среды и переход от статического к динамическому рассмотрению проблемы оценки качества окружающей среды территории, т.е. совершенно нового направления в управлении – реакции на изменение скорости процесса.

Переход к устойчивому развитию предполагает постепенное восстановление естественных экосистем до уровня, гарантирующего стабильность окружающей среды, и

должен обеспечить на перспективу сбалансированное решение проблем социально-экономического развития и сохранение благоприятной окружающей среды и природно-ресурсного потенциала.

При этом обязательно решаются следующие задачи:

- обеспечение стабилизации экологической ситуации при выходе страны из экономического кризиса,

- введение хозяйственной деятельности в пределы емкости экосистем на основе массового внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий, целенаправленного изменения структуры экономики, структуры личного и общественного потребления.

Идея комплексного и непрерывного мониторинга на основании экологической экспертизы в ботаническом аспекте может быть реализована при условии расширения программы фитоиндикационной оценки и подключения альтернативных признаков фитоиндикаторов не только в территориальном вопросе наличия объекта, но и во временном соотношении. Так, например, сейчас разрабатываются способы биоиндикации с использованием дополнительных видов, а также расширение сред индикации, т.е. не только в рамках почвенного металлотоксического мониторинга.

Способ 1: определение реальной и потенциальной экологической угрозы, вызванной агрессивностью адвентивного вида растений. Способ заключается в анализе семенного материала и структурных элементов генеративной сферы адвентивного вида (*Ambrosia artemisiifolia* L.) в период цветения и плодоношения. Используют комплекс мероприятий одноразовой сезонной экспресс-оценки: на основании специально созданной локальной мониторинговой сети на протяжении вегетационного сезона проводят учет эколого-эмбриологических показателей субпопуляций вида и одновременно рассчитывают суммационный индекс угрозы на основании данных о концентрации и разнокачественности строения аллергенного материала (пыльцы) в приземном слое атмосферы, популяционной плотности и репродуктивного усилия особей *Ambrosia artemisiifolia* L.

Способ 2: оценка токсичности среды в условиях загрязнения автотранспортом. Способ заключается в анализе палинологического материала по показателям степени дефектности пыльцевых зерен (СДП) растений-индикаторов (*Dactylis glomerata* L., *Bromus arvensis* L. и *Bromopsis inermis* (Leys.) Holub); рассчитывают интегральный показатель СДП токсической нагрузки на приземный слой атмосферы по трем видам одновременно.

Работа реализована в рамках комплексной темы 05-1/вв-17 на биологическом факультете ДонНУ, раздел "Разработка способов биоиндикации экологического состояния Донбасса с использованием высших и низших растений".

Список литературы

1. Бессонова В.П. Пассивный мониторинг забруднення середовища важкими металами з використанням трав'яних рослин // Укр. ботан. журн. – 1991. – Т. 48, № 2. – С. 77-80.
2. Бессонова В.П. Состояние пыльцы как показатель загрязнения среды тяжёлыми металлами // Экология. – 1992. – № 4. – С. 45-50.
3. Биоиндикация загрязнения наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
4. Викторов С.В., Востокова Е.А. Основы индикационной геоботаники. – М.: Госгеолтехиздат, 1961. – 87 с.
5. Викторов С.В., Ремезова Г.Л. Индикационная геоботаника. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1988. – 168 с.
6. Виноградов Б.В. Растительные индикаторы и их использование при изучении природных ресурсов. – М.: Высш. шк., 1964. – 328 с.

7. Глухов О.З., Сафонов А.І., Хижняк Н.А. Фітоіндикація металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі. – Донецьк: Вид-во Норд-Прес, 2006. – 360 с.
8. Глухов О.З., Хижняк Н.А., Титов А.І., Сафонов А.І. Досвід оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів // Проблеми екології та охорони техногенного регіону. – Донецьк: ДонНУ, 2005. – № 5. – С. 24-33.
9. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
10. Дьяконов К.Н., Дончева А.В. Экологическое проектирование и экспертиза: Учебник. – М.: Аспект-Пресс, 2005. – 384 с.
11. Корженевский В.В. Современное состояние и уровни фитоиндикации // Журн. общ. биол. – 1992. – Т. 53, № 5. – С. 704-714.
12. Пат. 10899 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб тестування забруднення ґрунтів кадмієм: Деклараційний патент на корисну модель. – А.І. Сафонов. – № 20041008603; Заявл. 22.10.04, Опубл. 15.12.05. – Бюл. № 12. – 12 с.
13. Пат. 4726 А UA, МКИ 7 A01B79/00. Спосіб очищення техногенно забруднених ґрунтів від важких металів: патент на винахід. – М.М. Дронь. – Промислова власність. – 2005. – № 2. – С. 5.2.
14. Пат. 53375 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб визначення мутагенного ефекту важких металів: Деклараційний патент на винахід. – О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Сафонов. – № 2002053834; Заявл. 10.05.02; Опубл. 15.01.03. – Бюл. № 1. – 3 с.
15. Пат. 5845 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб фітоіндикаційної оцінки токсичності ґрунтів антропогенно трансформованих екотопів. – А.І. Сафонов. – № 20040907413; Заявл. 10.09.04.; Опубл. 15.03.05. – Бюл. № 3. – 14 с.
16. Пат. 64340 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб визначення локального ефекту токсичного впливу важких металів: Деклараційний патент на винахід. – О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Сафонов. – № 2003054453; Заявл. 19.05.03; Опубл. 16.02.04. – Бюл. № 2. – 5 с.
17. Пат. 6499 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб тестування забруднення ґрунтів ртуттю: Деклараційний патент на корисну модель. – О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Сафонов. – № 20040907412; Заявл. 10.09.04.; Опубл. 16.05.05. – Бюл. № 5. – 6 с.
18. Пат. 65772 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб визначення забруднення ґрунтів важкими металами: Деклараційний патент на винахід. – О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Сафонов. – № 2003054433; Заявл. 19.05.03; Опубл. 15.04.04. – Бюл. № 4. – 4 с.
19. Пат. 6648 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб проведення фітоіндикаційного моніторингу антропогенно трансформованого середовища. – А.І. Сафонов. – № 20041008609; Заявл. 22.10.04.; Опубл. 16.05.05. – Бюл. № 5. – 9 с.
20. Пат. 6649 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб тестування забруднення ґрунтів міддю: Деклараційний патент на корисну модель. – О.З. Глухов, Н.А. Хижняк, А.І. Сафонов. – № 20041008616; Заявл. 22.10.04.; Опубл. 16.05.05. – Бюл. № 5. – 6 с.
21. Пат. 69970 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб оцінки стійкості рослин до екзогенного впливу ксенобіотиків: патент на винахід. – О.М. Вінніченко. – Промислова власність. – 2004. – № 9. – С. 4.6.
22. Пат. 71291 А UA, МКИ 7 A01G7/00. Спосіб визначення впливу хімічних речовин на функціональний стан рослин: патент на винахід. – В.С. Стружко. – Промислова власність. – 2004. – № 11. – С. 4.3.
23. Ромащенко К.Ю. Типологічний аналіз рослинності крейдянних відслонень південного сходу України. Номінація та диференціація ценотипів // Укр. ботан. журн. – 2002. – Т. 59, № 6. – С. 676-688.
24. Сафонов А.І. Напрямки структурної фітоіндикації металопресингу в антропогенно трансформованому середовищі // Мат. Міжнар. наук. конф. "Актуальні проблеми

- ботаніки, екології та біотехнології" (м. Київ, 27-30 вересня 2006 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – С. 113-114.
25. Сафонов А.І. Репродуктивний потенціал рослин-індикаторів промислового регіону // Мат. XII з'їзду Укр. ботан. тов-ва. – Одеса: Вид-во ОНУ, 2006. – С. 490.
 26. Сафонов А.І. Фітоіндикаційна оцінка територій промислового регіону // Мат. наук.-метод. семінару "Аналітико-екологічні дослідження при підготовці спеціалістів-екологів". – Донецьк: Б.В., 2005. – С. 65-66.
 27. Способ окраски препаратов эмбриологических структур растений: А.с. 1631424 СССР, МКИ G 01 N 33/48./ О.П. Камелина, О.Б. Проскурина, Н.А. Жинкина (СССР). – № 4497970/13; Заявл. 25.10.88; Опубл. 28.02.91, Бюл. № 8. – 2 с.
 28. Способ определения антропогенного воздействия на растения: А.с. 1494882 СССР, МКИ А 01 G 7/00./ Т.Н. Жигаловская, И.А. Руднева (СССР). – № 4352814/30-13; Заявл. 16.11.87; Опубл. 23.07.89, Бюл. № 27. – 2 с.
 29. Способ определения жизнеспособности пыльцы: А.с. 1565404 СССР, МКИ А 01 G 7/00./ А.И. Духовный (СССР). – № 4482200; Заявл. 25.10.86; Опубл. 28.02.87, Бюл. №1. – 3 с.
 30. Способ определения мутагенного эффекта факторов среды: А.с. 1463189 СССР, МКИ А 01 Н 1/00, 1/06./ Н.Е. Попа, А.М. Закржевская (СССР). – № 4152814/31-13; Заявл. 28.11.86; Опубл. 07.03.89, Бюл. № 9. – 3 с.
 31. Способ отбора адаптированных форм растений: А.с. 1514279 СССР, МКИ А 01 G 7/00./ Лотанина Л.М. (СССР). – № 4244566/13; Заявл. 25.10.88; Опубл. 13.05.87. – Бюл. № 1. – 3 с.
 32. Способ оценки функционального состояния растений: А.с. 1553034 СССР, МКИ А 01 G 7/00./ А.С. Манников (СССР). – № 4329084; Заявл. 14.10.87; Опубл. 28.02.90. – Бюл. № 1. – 4 с.
 33. Титов А.И., Беломеря П.С., Сафонов А.И. Опыт создания шкал анатомо-морфологической пластичности фитоиндикаторов техногенного региона // Тез. III Міжнар. наук. конф. "Біорізноманіття та роль зооценозів природних та антропогенних екосистем". – Дніпропетровськ: ДНУ, 2005. – С. 100-101.
 34. Титов А.И., Беломеря П.С., Сафонов А.И. Расширение программы непрерывного фитоиндикационного мониторинга антропогенно нарушенной среды // Відновлення порушених екосистем. – Донецьк: Донецький ботан. сад НАНУ, 2005. – С. 121-123.
 35. Ткаченко В.С., Дронова І.С. Синфітоіндикаційна характеристика кретофільної рослинності заповідника "Крейдова флора" // Укр. ботан. журн. – 2003. – Т. 60, № 1. – С. 18-25.
 36. Экологическая экспертиза: Уч. пособие / Под ред. В.К. Донченко, В.М. Питулько, В.В. Растоскуева. – М.: Академия, 2005. – 480 с.

Сафонов А.І. Індикаційна ботанічна експертиза – основа екологічного моніторингу в індустріальному регіоні. – Проведено критичний аналіз інформативності даних фітоіндикаційного моніторингу в антропогенно трансформованому регіоні. Подано обґрунтування необхідності обліку ботанічних даних за умов господарського проектування, планування та використання природних ресурсів, заходів із діагностики та відновлення екосистем.

Ключові слова: рослини-індикатори, екологічний моніторинг, експертиза, забруднення середовища.

Safonov A.I. Indication botanical expertise is the basis of ecological monitoring in an industrial region. – A critical analysis of the informativeness of the data of phytoindicational monitoring in anthropogenically transformed region has been carried out. A substantiation of necessity of botanical data registration while organizing economic projecting, planning and using natural recourses as well as ecosystems' diagnostics and restoration activities has been given.

Key words: plants-indicators, ecological monitoring, expertise, environment pollution.

УДК 581.9:581.526.53:502 (477.4)

Р.М. Данилик

**ГЕМЕРОБІЯ РОСЛИННОСТІ ВОДНИХ ЕКОСИСТЕМ
КОМПЛЕКСНОЇ ЗЕЛЕНОЇ ЗОНИ МІСТА ЛЬВОВА**

*Національний лісотехнічний університет України; 79005, м. Львів, вул. Кобилянської, 1
e-mail: druslana@ukr.net*

Данилик Р.М. Гемеробія рослинності водних екосистем комплексної зеленої зони міста Львова. – Наведені результати дослідження гемеробії (окультуреності) рослинності водних екосистем комплексної зеленої зони міста Львова. Встановлені ступені гемеробії рослинного покриву та виділені чотири еколого-фітоценотичні пояси міста Львова. Проведена оцінка ступенів гемеробії гідрофільної рослинності та здійснена комплексна характеристика водних екосистем дослідженої території.

Ключові слова: гемеробія, гідроекосистема, фітоценоз, еколого-фітоценотичний пояс, Львів.

Вступ

Місто Львів оточене зеленим поясом природних і культурних біогеоценозів. Цей пояс розташований у радіусі 25-30 км, тобто за даними М.М. Койнова [5], приблизно збігається з поняттям "околиці Львова" – географічна територія в межах цього радіуса, яка тісно пов'язана з життям і розвитком міста. Міські та заміські зелені насадження Львова утворюють комплексну зелену зону, яка, окрім господарського використання лісів, відіграє важливу роль у ландшафтотворенні, покращенні мікрокліматичних умов міста, регулюванні стоку поверхневих і ґрунтових вод, захисті рельєфу від змивання ґрунтів і розвитку ярів, покращенні ландшафтів околиць міста. За визначенням В.П. Кучерявого [10, с. 511], "комплексна зелена зона міста (КЗЗМ) – це науково обґрунтована сукупність територій у межах населених пунктів і за містом у межі зелених зон, яка включає зелені насадження, водні простори та інші елементи природного ландшафту, які є своєрідним екологічним каркасом планувальної структури міста, і забезпечує рекреаційні, санітарно-гігієнічні, естетичні та соціальні функції з метою створення здорового оточуючого середовища для праці, спорту і відпочинку населення". Представлені ландшафти знаходяться на різних рівнях антропогенної трансформації та мають багато подібних елементів. Практично неможливо встановити фізичні межі між природними ландшафтами міста й приміських територій. Зокрема, лісові масиви місцями проникають на територію забудови, а в приміських лісах нерідко трапляються садово-паркові ландшафти.

Для КЗЗ м. Львова характерна кільцева побудова системи зелених насаджень навколо основної його частини. Така побудова забезпечує населенню житлових районів найкоротший зв'язок із приміськими лісами й лісопарками, а також сприяє більш ефективному впливу насаджень на мікроклімат і санітарний стан повітряного басейну. Зовнішнє кільце зелених насаджень приміської зони доповнюється зеленими клинами, які глибоко проникають у внутрішні райони міста. На даний період сформувалось перше зовнішнє кільце з лісопарків – Брюховицького, Басівського, Винниківського. Місцями, особливо на південній і північній околицях міста, лісові масиви перериваються і доповнюються безлісними територіями окультурених ландшафтів [6].

Ступінь гемеробії (окультуреності) території є показником, що відображає обумовлені діяльністю людини зміни біогеоценотичного покриву [1, 4, 9, 19, 31, 32, 34]. Його величина залежить від співвідношення різних за структурно-функціональною організацією біогеоценозів: від агемеробних, де антропогенний вплив відсутній, до метагемеробних – типово гетеротрофних екосистем (мертва підстилаюча поверхня вулиць, покрівель, отруєних безплідних земель тощо). Знаючи ступінь окультуреності території, його залежність від напряму та інтенсивності використання місцевості, а також зв'язок із структурою

рослинного покриву, можна прогнозувати й керувати процесом розвитку ландшафту, плануючи його екологічну цінність у майбутньому.

Матеріали та методика досліджень

Об'єктами дослідження були водні екосистеми КЗЗ м. Львова, які представлені водоймами різних типів і різного ступеня антропогенної трансформації. Загалом, нашими дослідженнями були охоплені понад 30 водних об'єктів, у тому числі 12 модельних (див. нижче), зі стоячою чи повільно текучою водою (озера, стави, кар'єри) і близько 150 км ділянок річок (Зубра, Давидівка, Білка, Полтва, Марунька, Верещиця, Щирка, Ставчанка, Малинівка), потічків (Білогірський, Думний), каналів (Яричівський та ін.), які знаходяться в I, II і III еколого-фітоценотичних поясах (ЕФП) КЗЗ м. Львова [7].

Збір основного матеріалу був здійснений маршрутним і напівстаціонарним методами [16]. Класифікацію гідрофільної рослинності проводили на підставі геоботанічних описів (загальна кількість описів 378), виконаних за методикою еколого-флористичної класифікації Браун-Бланке [20, 21] у викладі авторів [12-15, 22, 24]. Для первинної обробки геоботанічних описів застосовували комп'ютерну програму "НІТАВ", яка дозволяє проводити їх еколого-флористичний аналіз. Назви синтаксонів подані за В. Ротмалером [23] з урахуванням фітосоціологічних зведень [18, 25-30, 33].

Дослідження гемеробії (окультуреності) водних екосистем КЗЗ м. Львова здійснювали на основі біоіндикаційних підходів [1, 2, 4, 8, 9, 19]. Ступінь гемеробії водойм визначали на основі питомої участі біоіндикаторних рослинних угруповань [1, 3]. При цьому використовували шкалу гемеробії за такими ступенями: агемеробний, олігогемеробний, мезогемеробний, β -еугемеробний, α -еугемеробний, полігемеробний, метагемеробний [1, 8, 9, 19].

Результати й обговорення

Щоб оцінити ступінь антропогенних перетворень ландшафту на основі біоіндикаційних підходів, потрібен еталон для порівняння. Таким еталоном можна вважати потенціальний природний покрив, який піддається реконструкції шляхом порівняння місцезростань і аналізу збережених природних фітоценозів, а також синантропних рослинних угруповань [17]. Критеріями можуть слугувати чітко виражені елементи рельєфу (вододіли, річкові долини тощо), які в природних умовах сприяють формуванню різних екотопів. Оскільки поширення похідних рослинних угруповань визначається формою використання території та його інтенсивністю, сучасний фітоценотичний покрив можна розділити на гемеробні серії, які відображають різні рівні антропогенного впливу.

Синтаксономія гідрофільної рослинності КЗЗ м. Львова представлена 47 асоціаціями. Значна кількість синтаксонів, виявлена на цій території, пов'язана з географічним положенням і різноманітністю представлених екотопів, що є характерним для різного типу урбанізованих ландшафтів. Аналіз окультуреності рослинного покриву синантропної рослинності нами проводився раніше [11]. Як виявилось під час такої роботи, аналізу окультуреності гідрофільної рослинності в літературі приділено мало уваги [1]. Нашими дослідженнями зроблена спроба заповнити цю прогалину.

Результати оцінки антропогенізаційних процесів за ступенем окультуреності гідрофільного рослинного покриву наведені в таблиці 1. Порівняльний аналіз ступеня гемеробії водних екосистем КЗЗ м. Львова свідчить про перевагу мезогемеробних фітоценозів. Дещо меншою кількістю відзначаються групи олігогемеробних і β -еугемеробних фітоценозів.

Характеристика ступенів гемеробії (окультуреності) рослинного покриву водних екосистем КЗЗ м. Львова за асоціаціями

Ступінь гемеробії	Водойми	Рослинні угруповання
Агемеробний	-	-
Олігогемеробний	Озера, річки	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ceratophylletum submersi</i> 2. <i>Myriophylletum verticillati</i> 3. <i>Myriophylletum spicati</i>, 4. <i>Nymphaeetum candidae</i> 5. <i>Nymphaeetum albae</i> 6. <i>Potamogetonetum crispi</i> 7. <i>Potamogetono-Nupharetum</i> 8. <i>Hottonietum palustris</i> 9. <i>Cicuto-Caricetum pseudocyperi</i> 10. <i>Sagittario-Sparganietum emersi</i> 11. <i>Caricetum paniculatae</i>
Мезогемеробний	Озера, ріки, потічки, заболочені береги різних мало-трансформованих водойм	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ranunculetum trichophylli</i> 2. <i>Ranunculetum aquatilis</i> 3. <i>Caricetum rostratae</i> 4. <i>Lemnetum trisulcae</i> 5. <i>Spirodelo-Salvinietum natantis</i> 6. <i>Glycerietum maximae</i> 7. <i>Acoretum calami</i> 8. <i>Stratiotetum aloides</i> 9. <i>Potamogetonetum lucentis</i> 10. <i>Potamogetonetum pectinati</i> 11. <i>Polygono-Potamogetonetum natantis</i> 12. <i>Phragmitetum comunis</i> 13. <i>Scirpetum lacustris</i> 14. <i>Sparganietum erecti</i> 15. <i>Equisetetum fluviatilis</i> 16. <i>Rorippo-Oenanthetum aquaticae</i> 17. <i>Sparganio-Glycerietum fluitantis</i> 18. <i>Glycerio-Oenanthetum aquaticae</i> 19. <i>Caricetum appropinquatae</i> 20. <i>Caricetum vesicariae</i> 21. <i>Caricetum gracilis</i>
β-Еугемеробний	Озера, рібні стави	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Ceratophylletum demersi</i> 2. <i>Lemnetum minoris</i> 3. <i>Lemno-Spirodeletum</i> 4. <i>Lemno-Utricularietum vulgaris</i> 5. <i>Hydrocharitetum morsus-ranae</i> 6. <i>Typhetum angustifolio-latifoliae</i> 7. <i>Eleocharitetum palustris</i> 8. <i>Caricetum elatae</i> 9. <i>Phalaridetum arundinaceae</i> 10. <i>Caricetum ripario-acutiformis</i>
α-Еугемеробний	Водойми з помірним антропогенним навантаженням, водойми перебування с-г тварин	<ol style="list-style-type: none"> 1. <i>Lemnetum gibbae</i> 2. <i>Elodeetum canadensis</i> 3. <i>Scirpetum tabernaemontani</i>

Ступінь гемеробії	Водойми	Рослинні угруповання
Полігемеробний	Придорожні канали, водойми з інтенсивним антропогенним навантаженням	1. Bidenti-Polygonetum hydropiperis 2. Ranunculetum scelerati
Метагемеробний	Басейни, фонтани, водойми охолоджувачі підприємств, пожежні водойми	-

Розглядаючи окультуреність водних екосистем від периферії до центру міста спостерігається деяка зміна рослинних асоціацій за ступенями гемеробії, що дозволяє виділити в межах чотирьох еколого-фітоценотичних поясів (ЕФП) чотири типи гідрофільних об'єктів:

I ЕФП – водойми на межі КЗЗ м. Львова (Дроздовицький Став, Янівський Став, Любінський Став та ін.);

II ЕФП – водойми гідропарків, заміських зон відпочинку (оз. Глинна Наварія, оз. с. Ясницька та ін.);

III ЕФП – водойми периферійної частини Львова, які мають рекреаційне використання (оз. Винниківське, оз. Піщані та ін.);

IV ЕФП – водойми переважно центральної частини міста або водойми з інтенсивним антропогенним навантаженням, басейни, фонтани, водойми охолоджувачі підприємств, пожежні водойми.

Висновки

Таким чином, за результатами оцінки окультуреності гідрофільного рослинного покриву КЗЗ м. Львова встановлена неоднорідність водних екосистем за ступенями гемеробії фітоценозів. На території досліджень переважають угруповання з олігогемеробним, мезогемеробним і β -еугемеробним ступенями, які характеризують досліджені гідроекосистеми як незначно антропогенно трансформовані. Встановлено, що водні екосистеми з олігогемеробним ступенем в основному трапляються в I ЕФП і частково – в II ЕФП, мезогемеробним і еугемеробним – до II ЕФП, полігемеробні до III ЕФП, а метагемеробні – до IV ЕФП.

Незворотність урбанізаційних процесів зумовлює необхідність постійного контролю за умовами довкілля з метою своєчасного попередження негативних тенденцій у розвитку ландшафтів. Результати досліджень можуть бути основою для визначення природного потенціалу ландшафтів, допустимого навантаження на них при різних формах використання і, у кінцевому підсумку, – ландшафтного планування в умовах зростання урбанізаційних процесів.

Список літератури

1. *Биоиндикация* загрязнений наземных экосистем / Под ред. Р. Шуберта. – М.: Мир, 1988. – 350 с.
2. Бурда Р.И., Дідух Я.П. Застосування методики оцінки антропотолерантності видів вищих рослин при створенні "Екофлори України" // Укр. фітоцен. зб. Сер. С. – 2003. – Вип. 1 (20). – С. 34-44.
3. Дубына Д.В., Гейны С., Гроудова З. и др. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды. – К.: Наук. думка, 1993. – 434 с.
4. Зукотт Г., Эльверс Т., Маттес Е. Изучение экологии урбанизированных территорий (на примере Западного Берлина) // Экология. – 1981. – № 2. – С. 15-20.
5. Койнов М.М. Природно-географические ландшафты окрестностей г. Львова // Вопросы регионального ландшафтоведения и геоморфологии СССР. Географический сборник. – 1964. – Вып. 8. – С. 54-63.

6. *Кучерявий В.А.* Зеленая зона города. – К.: Наук. думка, 1981. – 248 с.
7. *Кучерявий В.А.* Урбоэкологические основы фитомелиорации. Фитомелиорация. – М.: НПО "Информация", 1991. – Ч. II. – 288 с.
8. *Кучерявий В.П.* Урбоекологія. – Львів: Світ, 1999. – 360 с.
9. *Кучерявий В.П.* Урбоекологія. – Львів: Світ, 2002. – 440 с.
10. *Кучерявий В.П.* Фітомеліорація. – Львів: Світ, 2003. – 540 с.
11. *Кучерявий В.П., Скробала В.М., Данилик І.М., Данилик Р.М.* Окультуреність сільських ландшафтів верхів'я басейну ріки Дністер // Науковий вісник УжНУ. Сер. Біол. – 2001. – Вип. 10. – С. 10-13.
12. *Миркин Б.М., Наумова Л.Г., Соломец А.И.* Современная наука о растительности: Учебник. – М.: Логос, 2001. – 264 с.
13. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С.* Количественные методы классификации, ординации и геоботанической индикации // Итоги науки и техники. Ботаника. – М.: ВИНТИ, 1979. – Т. 3. – С. 71-137.
14. *Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г.* Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
15. *Работнов Т.А.* Фитоценология. 2-е изд. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1980. – 296 с.
16. *Симачева Е.В.* Ландшафтный метод полевых флористических исследований на примере европейского севера СССР // Изд-во ВГО. – 1984. – 116, вып. 1. – С. 14-20.
17. *Скробала В.М., Данилик Р.М.* Ретроспективний аналіз біогеоценотичного покриву урбанізованих територій // Матер. I міжнар. семінару "Проблеми ландшафтної архітектури, урбоекології та озеленення населених місць" (м. Львів, 25-27 червня 1997 р.). – Львів: УкрДЛТУ, 1997. – С. 155-156.
18. *Соломаха В.А.* Синтаксономія рослинності України // Укр. фітоцен. зб. Сер. А. – 1996. – Вип. 4 (5). – 119 с.
19. *Blume H.-P., Sukopp H.* Ökologische Bedeutung anthropogener Bodenveränderungen // Schriftenr. Vegetationskunde. – 1976. – 10. – S. 75-90.
20. *Braun-Blanquet J.* Pflanzensoziologie, Grundzüge der Vegetationskunde. – Wien: Springer Verl., 1951. – 631 s.
21. *Braun-Blanquet J.* Pflanzensoziologie. – Wien, New York: Springer Verl., 1964. – 3 Aufl. – 865 s.
22. *Dierschke H.* Pflanzensoziologie: Grundlagen und Methoden. – Stuttgart: Ulmer, 1994. – 683 s.
23. *Exkursionsflora von Deutschland. Gefäßpflanzen: Kritischer Band.* / W. Rothmaler et al. – Jena, Stuttgart: Gustav Fischer, 1994. – Bd. 4. – 811 s.
24. *Glavac V.* Vegetationsökologie. – Jena: Fischer, 1996. – 358 s.
25. *Matuszkiewicz W.* Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. – Warszawa: Wyd-wo Naukowe PWN SA, 1981. – 298 s.
26. *Matuszkiewicz W.* Przewodnik do oznaczania zbiorowisk roślinnych Polski. – Warszawa: Wyd-wo Naukowe PWN SA, 2001. – 540 s.
27. *Mucina L.* Conspectus of classes of European vegetation // Folia Geobot. Phytotax. – 1997. – Vol. 32. – P. 117-172.
28. *Oberdorfer E.* Pflanzensoziologische Exkursionsflora. – Stuttgart: Ulmer, 1994. – 1050 s.
29. *Rodwell J.S.* British Plant Communities. Aquatic Communities Swamps and Tall-Herb Fens. – Cambridge Univer. Press, 1995. – V. 4. – 283 p.
30. *Schubert R., Hilbig W., Klotz S.* Bestimmungsbuch der Pflanzen-gesellschaften Deutschlands. – Heidelberg: Spektrum, Akad., Verl., 2001. – 472 s.
31. *Sukopp H.* Dynamik und Konstanz in der flora Bundesrepublik Deutschland // Schriftenr. Vegetationsk. – 1976. – № 10. – S. 9-26.
32. *Sukopp H., Wittig R.* Stadtökologie. – Stuttgart: G. Fischer, 1993. – 404 s.

33. *Wilmanns O.* Ökologische Pflanzensoziologie / Eine Einführung in die Vegetation Mitteleuropas – 6, neu bearbeitete Auflage – Wiesbaden: Quelle und Meyer, 1998. – 405 s.
34. *Wittig R.* Ökologie der Großstadtflora. – Stuttgart: G. Fischer, 1991. – 216 s.

Данылык Р.Н. Гемеробия растительности водных экосистем комплексной зеленой зоны города Львова. – Приводятся результаты исследования гемеробии (окультуренности) растительности водных экосистем комплексной зеленой зоны города Львова. Установлены степени гемеробии растительного покрова и выделены четыре эколого-фитоценотические пояса города Львова. Сделана оценка степеней гемеробии гидрофильной растительности и выполнена комплексная характеристика водных экосистем исследованной территории.

Ключевые слова: гемеробия, гидроэкосистема, фитоценоз, эколого-фитоценотический пояс, Львов.

Danylyk R.M. Vegetation hemerobia of the water ecosystems of L'viv complex green zone. – Here are given hemerobia results of L'viv complex green zone water ecosystem vegetation. The estimated hemerobia level of cover and determined four ecological and phytocenotic belts of L'viv. The assessment that was held of hemerobia levels of hydrophilic vegetation and was made the complex characteristics of researched area water ecosystems.

Key words: hemerobia, hydro ecosystem, phytocenosis, ecological and phytocenotic belt, L'viv.

А.М. Дацько

ОСОБЕННОСТИ УСКОРЕННОГО РАЗМНОЖЕНИЯ ВИДОВ РОДА *SORBUS L.*

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Дацько А.М. Особенности ускоренного размножения видов рода *Sorbus L.* – Изучалась возможность ускоренного размножения видов рода *Sorbus L.* с использованием стимуляторов роста. Стимуляторы роста в разной степени влияют на образование каллюса и на образование корней у различных видов рябин, незначительное влияние оказали препараты ИМК и ИУК, препарат чаркор влияния не оказал.

Ключевые слова: стимуляторы роста, индолилмасляная кислота, индолилуксусная кислота, чаркор, ризогенез, каллюс, вегетативное размножение, стеблевые черенки.

Интродукция растений занимает важное место в процессе освоения человеком растительных ресурсов биосферы, расширении ассортимента культивируемых растений и пополнении генофонда растительных сообществ. В связи с интенсивной урбанизацией происходит антропогенная трансформация растительного покрова в индустриальных центрах Украины. Поэтому введение новых видов, форм и культиваров растений играет немаловажную роль в улучшении и оптимизации состава культивируемой древесно-кустарниковой растительности [9].

Одним из необходимых условий успешности интродукции того или иного вида растений является способность к возобновлению за пределами его естественного ареала. Поэтому одним из важнейших вопросов при интродукции растений является изучение методов их размножения. Известно, что многие растения при переносе в другие экологические условия реагируют на факторы природной среды по-разному. Одни хорошо растут и развиваются, формируют полноценные семена, другие же – наоборот, не плодоносят, либо образуют нежизнеспособные семена. В связи с этим при интродукционном испытании древесных растений важно разработать методы их вегетативного размножения.

Вегетативное размножение растений издавна применяется в растениеводстве. Оно обеспечивает более полную передачу сортовых и формовых признаков новому поколению, чем семенное. У многих перекрестно опыляемых древесных и кустарниковых растений при семенном размножении происходит сложное расщепление наследственных признаков. При этом полученные различные формы могут оказаться далеко неравноценными в биологическом и хозяйственном отношениях. Во всех перечисленных и других случаях, когда семенное размножение растений бывает связано с большими техническими трудностями (длительный период стратификации как у рябин) или оно оказывается совсем невозможным и неприемлемым, приходится прибегать к вегетативному размножению [4].

Одним из способов вегетативного размножения древесных растений является укоренение стеблевых черенков. Данный способ вегетативного размножения ряд авторов считает одним из перспективных, он позволяет выращивать корнесобственные растения большинства древесных и кустарниковых пород [6, 8].

Ряд авторов считает, что биологическая основа вегетативного размножения генетически обусловлена способностью растений к регенерации. Основа регенерации – постоянное обновление живой материи на различных уровнях ее эволюционного развития и природная способность растений к самовозобновлению [5, 10-12].

Немаловажную роль в адаптации растений и успешности их интродукции в новых условиях является изучение ритмики сезонного развития растений.

В последнее время значительное внимание уделяется ускоренному размножению растений с использованием различных типов регуляторов роста. Регуляторы роста – своеобразное химическое "оружие" растительного организма, воздействующее на ход физиологических процессов. В настоящее время накоплен огромный фактический материал, освещающий действие регуляторов роста на растения. Регуляторы роста образуются в процессе обмена веществ и содержатся в растительном организме в чрезвычайно малых количествах. Их образование является естественной функцией жизнедеятельности растений.

Регуляторы роста обладают высокой физиологической активностью и способны влиять на интенсивность всех процессов, происходящих в растительном организме. Попадая в растение, регуляторы роста включаются в обмен веществ и оказывают на него определенное действие, в результате чего изменяется направление обмена веществ: поднимается или снижается уровень жизнедеятельности растений. С помощью регуляторов роста можно активизировать или задерживать тот или иной процесс, проходящий в растительном организме [1].

Целью наших исследований, в связи с вышеизложенным, явилось изучение приемов ускоренного размножения стеблевыми черенками видов рода *Sorbus* L. в условиях юго-востока Украины с использованием стимуляторов роста.

При проведении эксперимента учитывали: возраст маточных растений, сроки черенкования, расположение для заготовки черенков побегов на маточном растении, размеры черенков, условия укоренения. Изучали следующие виды растений: *S. torminalis* (L.) Crantz, *S. latifolia* (Lam.) Pers., *S. aria* (L.) Crantz, *S. koehneana* C.K. Schneid, *S. umbelata* (Desf.) Fritsch., *S. reflexipetala* Koehne, *S. graeca* Lodd., *S. rehderiana* Koehne, *S. domestica* L., *S. mougeotii* Soy.-Willem. Et Godr., *S. americana* Marschall, *S. amurensis* Koehne, *S. hybrida* L., *S. esserteaniana* Koehne, *S. alnifolia* (Siebold et Zucc.) K. Koch, *S. aucuparia* L., *S. intermedia* (Ehrh.) Pers., *S. albovii* Zinserl.

Для проведения опыта черенки нарезали после закладки верхушечной почки на годичных побегах, т.е. использованы полуодревесневшие черенки. Заготовку черенков проводили в нижнем, среднем и верхнем ярусе кроны. На черенках оставляли 2-3 почки, нижний срез делали косым. У растений с простым листом на черенках оставляли 2-3 листа, у растений с непарноперистосложным листом также оставляли 2-3 листа, но их поверхность уменьшали на 50% путем отсекающей части листа. Черенки заготавливают рано утром, когда ткани растений удерживают большой запас влаги. Для стимуляции корнеобразования черенки обрабатывали физиологически активными веществами: а-индолилуксусной (ИУК), а-индолмиасляной (ИМК) кислотами, чаркором, в качестве контроля использовали воду.

В опыте использовали водные растворы вышеперечисленных веществ с экспозицией 5 часов, концентрация ИУК – 100 мг/л, ИМК – 150 мг/л, чаркор – 1 мг/л (концентрация биостимуляторов принята в соответствии с рекомендациями ряда авторов) [2, 8]. В связи с тем, что действие стимулятора может зависеть от растворителя, и сам растворитель может либо позитивно, либо негативно влиять на ризогенез [3, 7], поэтому в одном из вариантов опыта использовали чистый растворитель – 50% этиловый спирт. Для получения водного раствора стимулятора кристаллический препарат растворяли в небольшом количестве органического растворителя – 50% этилового спирта. Полученный раствор разводили дистиллированной водой до соответствующих концентраций. Связанные в пучки черенки погружали на 1/3 длины в полученные растворы на 5 часов. Температура при этом поддерживалась +25°C. После этого черенки переносили в теплицу и высаживали во влажный речной песок на глубину 5 см. В период проведения эксперимента работали установки искусственного тумана.

Периодически, не реже одного раза в неделю, черенки осматривали. Образование каллюса у некоторых видов началось к концу третьей недели после закладки опыта (табл. 1). Образование каллюса происходит за счет деятельности камбия. Продолжительность роста каллюса и его величина у черенков различных древесных пород отличаются. При каждом возобновлении роста каллюса на его поверхности образуются круглые выросты нового каллюса. У черенков подавляющего большинства растений каллюс выполняет, главным образом, защитную функцию, а также роль временного хранилища запасных питательных веществ, которые затем могут быть использованы на развитие корней [4].

Развитие каллюса у вышеперечисленных видов рябины происходило неравномерно: у ряда видов образование каллюса началось к концу третьей недели от начала укоренения, большинство видов начали образовывать каллюс к концу второго месяца с момента закладки опыта.

Каллюсогенез видов рода *Sorbus* L.

ВИД	Стимуляторы							
	ИМК		ИУК		чаркор		контроль	
	дни	%	дни	%	дни	%	дни	%
<i>S. torminalis</i> (L.) Crantz	60	62,0	69	50,0	33	48,2	64	40,6
<i>S. latifolia</i> (Lam.) Pers	21	58,3	64	85,7	60	42,8	34	38,4
<i>S. koehneana</i> C.K. Schneid	28	75,0	69	44,0	21	52,6	34	52,3
<i>S. umbelata</i> (Desf.) Fritsch	21	57,1	67	60,0	64	46,6	67	37,5
<i>S. reflexipetala</i> Koehne	67	39,2	69	16,6	60	50,0	74	37,5
<i>S. graeca</i> Lodd.	58	34,5	68	29,0	63	26,6	68	27,7
<i>S. rehderiana</i> Koehne	47	38,4	63	38,4	65	18,7	46	36,3
<i>S. aria</i> (L.) Crantz	61	30,0	72	25,0	72	21,4	70	35,7
<i>S. domestica</i> L.	68	36,3	27	36,3	63	26,0	28	35,0
<i>S. mougeotii</i> Soy.-Willem. et Godr	68	20,6	72	31,0	70	25,8	72	16,6
<i>S. americana</i> Marschall	62	42,8	65	42,8	62	30,0	66	23,0
<i>S. amurensis</i> Koehne	69	30,0	69	26,3	69	22,2	69	15,3
<i>S. hybrida</i> L.	19	36,6	27	44,4	48	31,8	52	27,5
<i>S. esserteriana</i> Koehne	64	43,3	64	40,6	62	25,8	66	26,9
<i>S. alnifolia</i> (Siebold et Zucc.) K. Koch	21	55,5	70	55,5	33	33,3	71	26,9
<i>S. aucuparia</i> L.	20	56,0	33	57,5	26	46,6	37	31,8
<i>S. intermedia</i> (Ehrh.) Pers	63	50,0	68	51,8	56	33,3	68	13,6
<i>S. albovii</i> Zinserl.	70	25,0	75	26,6	72	30,0	72	27,2

Сравнивая начало образования каллюса под влиянием различных стимуляторов роста установлено, что сроки образования такового расходятся в пределах двух – десяти дней, та же тенденция наблюдается и в контрольной группе. Каллюс начал образовываться на начальных этапах и на черенках выдержанных в растворе этилового спирта, но затем прекратился и дальнейшего развития не наблюдалось.

Образование придаточных корней у черенков большинства растений не связано с каллюсом. Отмечено более раннее образование корней у видов, которые раньше начали образовывать каллюс. Придаточные корни начали образовываться лишь у нескольких видов: *S. koehneana*, *S. hybrida*, *S. alnifolia*, *S. aucuparia*. У черенков вышеперечисленных видов,

обработанных ИМК, начало образования корней отмечено на 34-46 дни. Начало образования корней у черенков *S. hybrida*, обработанных ИУК, наблюдалось спустя 34 дня с момента закладки опыта. У черенков, обработанных ИМК, процент укоренения составлял от 3,3% у *S. hybrida* до 12% у *S. aucuparia*. Процент укоренившихся черенков *S. hybrida* с применением стимулятора ИУК составил 3,7%. У черенков, обработанных препаратом чаркор, придаточных корней не выявлено, то же отмечено у растений контрольной группы.

Таким образом, в результате проведения эксперимента установлено, что стимуляторы роста в разной степени влияют на образование каллюса и на образование корней у различных видов рябин, незначительное влияние оказали препараты ИМК и ИУК, препарат чаркор влияния не оказал. В связи с этим необходимо продолжить изучение действия стимуляторов с применением других концентраций и изучить их влияние на другие типы черенков (зеленые, одревесневшие).

Список литературы

1. Верзилов В.Ф. Регуляторы роста и их применение в растениеводстве. – М.: Наука, 1971. – 144 с.
2. Глухов О.З., Довбиш Н.Ф. Прискорене розмноження малопоширених деревних листяних рослин на Південному Сході України. – Донецьк, 2003. – 162 с.
3. Иванова З.Я. Биологические основы и приемы вегетативного размножения древесных растений стеблевыми черенками. – К.: Наук. думка, 1982. – 288 с.
4. Комиссаров Д.А. Биологические основы вегетативного размножения растений черенками: Автореф. дис. ... д-ра биол. наук. – Л., 1970. – 32 с.
5. Кренке Н.П. Регенерация растений. – М.: Изд-во АН СССР, 1950. – 682 с.
6. Мамедов Ф.М. Влияние субстратов на способность летних черенков древесных растений к регенерации: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – Баку, 1966. – 30 с.
7. Меженская Л.А. О некоторых особенностях вегетативного размножения сортового боярышника // Развитие наследия Мичурина И.В. и подготовка кадров: Междунар. научн.-практ. конф. (Мичуринск, 7–10 сентября 2005 г.). – Мичуринск: Научград РФ, 2005. – Т. 2. – С. 109-112.
8. Олейник Н.А., Кудина Г.А., Довбыш Н.Ф., Катрыш. Т.С., Терещенко С.И. Особенности размножения видов и сортов сирени стеблевыми черенками // Интродукция и акклиматизация растений. – 1995. – Вып. 22. – С. 57-61.
9. Остапко В.М., Хархота А.И. Интродукционная популяция как объект исследования // Интродукция и акклиматизация растений. – 1955. – Вып. 22. – С. 9-11.
10. Тарасенко М.Т. Размножение растений зелеными черенками. – М.: Колос, 1967. – 252 с.
11. Фаустов В.В. Регенерация и вегетативное размножение садовых растений // Изв. Тимиряз. с.-х. акад. – 1987. – Вып. 6. – С. 137-160.
12. Юсуфов А.Г. Целостность и способность к регенерации у растений // Ботан. журнал. – 1972. – Т. 57, № 2. – С. 1533-1546.

Дацько О.М. Особливості прискореного розмноження видів роду *Sorbus* L. – Вивчали можливість прискореного розмноження видів роду *Sorbus* L. з використанням стимуляторів росту. Стимулятори росту по-різному впливають на утворення калюсу та на вкорінення у різних видів горобини, препарат чаркор впливу не виявив.

Ключові слова: стимулятори росту, індолілмасляна кислота, індолілоцтова кислота, чаркор, різогенез, калюс, вегетативне розмноження, стеблові живці.

Datsco A.M. Peculiarities of *Sorbus* L. species accelerated propagation. – Ability of *Sorbus* L. species accelerated propagation with the using of growth stimulators was studied. Growth stimulating factors effect on callus forming and root forming of different wigen species in different ways. Indole butiric acid and indole acetic acid effected negligibly. Preparation Charkor had not any effect.

Key words: growth stimulators, indole butiric acid, indole acetic acid, Charkor, rithogeny, callus, vegetative propagation, stem cuttings.

Г.Н. Лысенко

**АВТОГЕНЕТИЧЕСКИЕ СУКЦЕССИИ СТЕПНОЙ РАСТИТЕЛЬНОСТИ
В СВЕТЕ ТЕОРИИ ФИЛОЦЕНОГЕНЕЗА**

*Нежинский государственный университет им. Н. Гоголя;
16600, Черниговская область, г. Нежин, ул. Крапивянского, 2
e-mail: lysenko_gena@yahoo.com*

Лысенко Г.Н. Автогенетические сукцессии степной растительности в свете теории филоценогенеза. – Рассмотрена специфика процессов саморазвития (автогенетических сукцессий), происходящих в автотрофном блоке степных экосистем в условиях длительного воздействия абсолютно заповедного режима. Предложено трактовать инверсию основных фитоценозоструктур, происходящих на фоне кардинального изменения величин ряда лимитирующих экологических факторов, как элементарное филоценогенетическое событие. Направленность автогенеза в сторону доминирования лигнозных эковиоморф обусловлена большей эффективностью энтропийных параметров системы.

Ключевые слова: степные фитоценозоструктуры, автогенетические сукцессии, филоценогенез, энтропия.

Введение

Вопросам трансформации надорганизменных систем в пространстве и во времени всегда уделялось пристальное внимание не только отдельными исследователями, но и целыми научными школами [1-3, 7, 10-13, 15-18, 20-27, 30]. Это объясняется одной из фундаментальных особенностей биоты, проявляющейся в постоянном адаптациогенезе различных иерархических систем, возникающего на фоне квазистабильных условий окружающей среды. Вместе с тем, проблемы эволюции многовидовых сообществ (в широком смысле – биоценозов, а нашем случае – фитоценозов) оказались наименее исследованными в современной эволюционной теории. Здесь имеет смысл сделать оговорку относительно того, что исследовать эволюцию только автотрофного блока экосистемы не корректно с общих методологических позиций. Однако существующий пробел в изучении не только коадаптивных связей, возникающих между компонентами конкретного биоценоза, но и механизмов динамики животного населения за достаточно длительные отрезки времени, не позволяет в полной мере проследить гологенетические смены, происходящие с такой сложной системой, коей является биоценоз. Нам все же представляется возможным подвергнуть анализу лишь автотрофный блок биогеоценозов, так как он, во многих случаях, является определяющим в функционировании всей совокупности организмов в конкретной биотической системе. Более того, растительный покров существует как один из генераторов и носителей макроскопических движений на земной поверхности и как одна из диссипативных систем, существующих только за счет поступления солнечной энергии извне, конечно же, за исключением хемосинтетиков.

По мнению некоторых исследователей [6], современное состояние теории эволюции сообществ и вовсе неудовлетворительно, так как уже дискуссионной является даже постановка вопроса о возможности эволюции сообществ. Истоки проблемы лежат в области самих фундаментальных понятий, с одной стороны, и многовидового сообщества организмов и эволюции, с другой. В большинстве случаев, в биологии под эволюцией понимают спонтанное возникновение априорно непредсказуемых необратимых изменений в онтогенетической программе, которые впоследствии устойчиво воспроизводятся в ряду поколений [27]. Отсюда следует, что необходимым условием такого процесса является способность системы к воспроизводству. Возникает закономерный вопрос: возможно ли "размножение" систем биоценозотического уровня организации живой материи и что следует понимать под "многовидовым сообществом"? Отвечая на этот вопрос В.В. Жерихин [30] отмечает, что сообщества воспроизводятся только в ходе определенных сукцессий. Отдельные же сообщества сами по себе к самовоспроизводству неспособны.

В предлагаемой работе предпринята попытка объяснить трансформацию растительного покрова степных и лугово-степных резерватных экосистем, проявляющейся в инверсии травянистых сообществ с доминированием "типичных" степных видов и лигнозных

фитоценоструктур. По нашему мнению, после прохождения заповедными биогеоценозами демулационных смен, накопившееся изменения как во внутренней структуре фитоценозов, так и изменение величин экотопических характеристик [5, 9, 23, 24], провоцируют начало автогенетических процессов, конечной целью которых является формирование климаксового сообщества, максимально адаптированного не только к условиям среды, но и находящегося в более устойчивом состоянии возможно более длительное время. Наблюдаемые сегодня трансформации основных фитоценоструктур ряда степных заповедников, особенно расположенных в лесостепной зоне, нам представляется возможным трактовать как элементарное филоценогенетическое событие, в результате которого формируются многовидовые сообщества, видовой состав, ценолитическая структура и функциональные механизмы которых кардинально отличаются от исходных степных и лугово-степных фитоценозов, ради сохранения которых и были учреждены заповедные объекты.

Материал и методы исследования

Для анализа были выбраны заповедные участки, с длительным периодом действия абсолютно заповедного режима (50 и более лет), характеризующие различные типологические варианты степей Украины и России [8]: северные луговые степи (отделение Украинского степного природного заповедника (УСПЗ) "Михайловская целина" (Сумская обл., Украина) и Казацкий участок Центрально-Черноземного биосферного природного заповедника им. проф. В.В. Алехина (Курская обл., Россия)), гигротический вариант разнотравно-типчакково-ковыльных степей (РТКС) (отделение Луганского природного заповедника (ЛПЗ) "Стрельцовская степь" (Луганская обл., Украина)), петрофитный (на гранитах) вариант РТКС (отделение УСПЗ "Каменные Могилы") и настоящая РТКС (отделение УСПЗ "Хомутовская степь") – (оба Донецкая обл., Украина). Исследуемые объекты формируют своеобразный эколого-ценолитический профиль (от 51° 32' до 47° 17' с.ш. и от 38° 09' до 40° 06' в.д.), протяженностью с севера на юг более 500 км.

Для оценки экологических параметров местопроизрастаний был использован метод фитоиндикации экологических факторов, разработанный в Институте ботаники им. Н.Г. Холодного НАН Украины [5].

Результаты и их обсуждение

Всякое конкретное сообщество определенного типа возникает как некоторое организованное явление, устроенное индивидуальным образом и выполняющее свою функцию в составе единого гармоничного целого, которым выступает сукцессионная серия. Именно поэтому проблема формирования структуры отдельно взятого многовидового сообщества и растительного покрова в целом является одной из фундаментальных проблем фитоценологии и синэкологии, поскольку функционирование биосферы прежде всего определяется эффективно работающей структурой ее растительности.

В современной фитоценологии никто не ставит под сомнение факт различий в структуре и способах функционирования ценолитических систем с доминированием трав (луга, степи) и сообществ с эдификаторной ролью лигнозных экобиоморф (лесов). Однако вопрос о существенных трансформациях растительного покрова лесостепных и степных заповедников в условиях длительного воздействия абсолютно заповедного режима остается весьма дискуссионным. Динамика данного типа резерватных фитоценоструктур всех без исключения типологических вариантов степей согласуется с общей схемой [22].

При внедрении строгих режимов заповедания, что подразумевает снятие ряда антропогенных нагрузок (сенокосение, выпас, палы), происходит ряд демулационных смен растительности, результатом которых есть формирование типчакково-ковыльной стадии. Дальнейшее воздействие заповедного режима приводит к накоплению слоя мертвых растительных остатков, вызывающих процессы мезофитизации, которые в свою очередь базируются на изменении ряда величин экологических параметров, прежде всего гидротермического фактора, что было убедительно доказано целым рядом работ [9, 19, 24]. В

результате этих процессов ценотическая роль дерновинно-злаковых сообществ (доминанты из родов *Festuca* L., *Stipa* L., *Koeleria* Pers., дерновинная осока *Carex humilis* Leys. и пр.) значительно ослабевает и на смену им приходят корневищно-злаковые группировки (формации *Elytrigietea repentis*, *Calamagrostideta epigeioris*, *Bromopsideta inermis*, для южных вариантов степей – *Poeta angustifoliae*, *Bromopsideta ripariae*, *Elytrigietea intermediae*), часто с доминированием типичных луговых видов (формации *Arrhenathereta elatii*, *Dactyleta glomeratae*, *Brizietea mediae*).

Более того, в зоне Лесостепи (подзона северных луговых степей) в последние десятилетия наблюдается активное распространение в растительном покрове заповедных степей разнотравных сообществ, где эдификаторами выступают *Vicia tenuifolia* Roth, *Euphorbia semivillosa* Prokh., *Lactuca serriola* Torner, *Clematis integrifolia* L., *Thalictrum minus* L., *Inula germanica* L., *Galatella rossica* Novopokr. и даже такие синантропные виды, как *Urtica dioica* L. и *Cirsium arvense* (L.) Scop., образующих практически монодоминантные фитоценозы, проективное покрытие которых приближается к 90-100%.

Следует отметить, что практически во всех типологических вариантах степей значительную роль в растительном покрове играют кустарниковые степи с доминированием *Chamaecytisus ruthenicus* (Fisch. ex Wolosczc.) Klásková, для южной подзоны характерны *Caragana frutex* (L.) C. Koch, *Amygdalus nana* L., *Spirea litwinowii* Dobrocz., площади под которыми за последние 20-30 лет наблюдений неуклонно увеличиваются, что свидетельствует о наличии кустарниковой стадии в общей сукцессионной схеме.

На ряду с кустарниковыми степями, в растительный покров степных заповедников входят заросли степных кустарников (*Cerasus fruticosa* Pall., *Rhamnus cathartica* L., *Prunus stepposa* Kotov, *Crataegus fallacina* Klok., *Rosa canina* L., *Rosa corymbifera* Bohkh.), как правило, приуроченные к депрессиям рельефа. Более того, многие из них имеют тенденцию к активному распространению, оккупируя плакорные участки, до этого занятые типичными степными сообществами. Характеризуясь достаточно плотной структурой (проективное покрытие колеблется в пределах 70-100%), что объясняется корнеотпрысковым способом вегетативного размножения, степные кустарники очень эффективно элиминируют из сообщества виды-степанты, которые по фактору освещенности относятся к гелиофитам.

И, наконец, на территории степных резерватов имеются участки, в состав растительности которых входят сообщества с ярко выраженной эдификаторной ролью лигнозных экобиоморф (*Populus tremula* L., *Salix cinerea* L., *S. caprea* L., *Pyrus communis* L., *Acer tataricum* L., *Acer negundo* L., *Fraxinus excelsior* L., *Malus sylvestris* Mill.), образующие более-менее сомкнутые или вовсе разреженные заросли. Однако вряд ли следует их принимать за потенциальные климаксовые фитоценозоструктуры, во всяком случае с ботанико-географических позиций. Не следует также отметить факт того, что данные территории могут выступать потенциальными плацдармами для внедрения видов совсем иной экологии и жизненной стратегии, которые при дальнейших изменениях экотопических характеристик смогут кардинально изменить способ функционирования фитосистемы и длительное время доминировать в трансформированных ценозах.

Таким образом, мы кратко охарактеризовали основные фитоценотические структуры, определяющие стадии полной сукцессии степной растительности. Существуют определенные сложности в вычленении и дифференциации демулационных (восстановительных) изменений и процессов саморазвития, протекающих на фоне колебания величин климатических, гидрологических, эдафических и иных абиотических факторов. Кроме того, следует учитывать влияние консументного блока, как одного из регуляционных механизмов биоценотической эволюции, даже принимая во внимание его неполночленность и достаточно трансформированный состав. Не стоит приуменьшать и роль антропогенных воздействий, поскольку незначительные площади степных заповедников, их фрагментарность значительно снижают возможность реализации процессов саморазвития ценотических систем. Крайне малое число заповедников имеют научно-обоснованные

охранные зоны, на территориях которых поддерживается режим щадящего природопользования.

Упомянутые факторы значительно усложняют само понимание процессов самоорганизации, однако, нам представляется вполне корректным использовать как методологическую базу теорию филогенеза, под которым понимают процесс приобретения биотической составляющей экосистемы (включая почву как биокосное тело) устойчиво воспроизводящихся отклонений от прежней нормы ее организации. При этом абиотическая среда трактуется именно как среда, а не часть эволюционирующей системы. В понятие филогенеза не включаются ни биогенно обусловленные эндоэкогенетические смены, ни вызванное абиотической средой перераспределение в пространстве существующих сообществ (гологенез) [7]. Как отмечает В.В. Жерихин [6, 30], такое понимание филогенеза соответствует и общепринятой трактовке термина "эволюция" в эволюционной биологии, и полностью отвечает смысловому содержанию термина "филогенез", в свое время предложенного В.Н. Сукачевым [21]. Каков же иерархический уровень систем способных к эволюционированию? Многовидовые сообщества сами по себе не способны к самовоспроизводству. На роль способных к эволюции систем подходят не сами сообщества в обычном понимании, а совокупности сообществ, связанных отношениями детерминированной эндоэкогенетической сукцессии – сукцессионные системы в понимании С.М. Разумовского [16]. Течение сукцессии программируется определенным набором популяций, занимающих в одно и тоже время общее пространство. В случае постоянства этого набора, структура данного сообщества, способ его функционирования и последовательность смены ценозов устойчиво воспроизводится. Если же траектория сукцессии выходит за пределы флуктуирования около некоего среднего значения и такое изменение фиксируется в качестве новой нормы, это и означает акт филогенеза. Система, как и в случае термодинамических изменений, "забывает" свою прошлую структуру и способ функционирования и возврат к прежней норме организации становится невозможным.

Убедительным доказательством этому является изменение ценотической структуры фитоценозов на абсолютно заповедном участке луговой степи (отделение УСПЗ "Михайловская целина"), выражающееся не только в смене доминирующих видов, но и в кардинальном изменении величин гидротермического и азотного режимов, выходящих за границы степного и лугово-степного типов растительности [24]. Так, при сравнении величин фактора увлажнения почв на абсолютно заповедном и выкашиваемом участке величина критерия Стьюдента (t) составила 3,76, что соответствует достоверной разнице значений. Аналогичные результаты были получены и для азотного ($t = 3,93$), и для кислотного режимов почв ($t = 4,96$) [9], что свидетельствует о значительных изменениях экотопических характеристик.

Более того, происходит изменение способа функционирования лугово-степных фитоценозоструктур на массово-энергетическом уровне. Так, разнотравные сообщества с доминированием *Urtica dioica* по величинам биологической продуктивности не только превышают таковые характеризующие дерновинно-заковые и корневищнозлаковые, но и кустарниковые степи с эдификаторной ролью *Chamaecytisus ruthenicus*. По нашим данным формация *Urticeta dioici* за один вегетационный период продуцирует до 50 т/га биомассы, чем значительно отличается от дерновинно-злаковых и корневищно-злаковых сообществ (15 – 25 т/га). При этом масса медленно разлагаемых мертвых растительных остатков в среднем составляет 25-35 т/га.

Подобные же изменения характерны и для гигротического варианта РТКС (отделение ЛПЗ "Стрельцовская степь"). Начиная с 1990-х годов, в связи с сокращением площадей, выделявшихся под сенокосение, происходит значительная трансформация степных фитоценозоструктур. Прежде всего, это проявляется в значительном расширении кустарниковых степей с доминированием *C. frutex*, *A. nana*, *C. ruthenicus* и активном внедрении в травостой деревьев с близлежащих лесополос (в основном *Fraxinus americana*

L.). Существенно уменьшились площади, занимаемые ковыльными степями с эдификаторной ролью *Stipa dasyphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *S. zaleskii* Wilenski. Ковыльники со *Stipa tirsia* Stev. и *S. pulcherrima* C. Koch еще выделяются на фоне трансформированного растительного покрова "Стрельцовской степи". Значительно изменился травостой и абсолютно заповедных участков. Ярким примером здесь выступают плотные заросли степных кустарников (сомкнутость крон 0,6-0,7) с доминированием *R. cathartica* и *P. stepposa*, образуя псевдодолесные сообщества с практически полным отсутствием видов в травянистом ярусе.

Казацкий участок ЦЧЗ им. проф. В.В. Алехина представляет собой один из немногих заповедников, имеющего в составе дубраву, контактирующую с участками с лугово-степной растительностью. Зона экотона активно захватывается древесными породами, прежде всего *Acer campestre* L., *A. platanoides* L., *P. communis*, *C. fruticosa*, *Crataegus monogyna* Jacq. и даже *Quercus robur* L. На степном участке поставлен интересный эксперимент, результаты которого показательны. Старая залежь (не распахивалась с 1945 г.) была разделена на две части, одна из которых ежегодно выкашивается, тогда как на второй поддерживается режим абсолютной заповедности. "Сенокос" характеризуется наличием ассоциаций с доминированием *Stipa pennata* L. s. str., *Bromopsis riparia* (Rehm.) Holub, *Calamagrostis epigeios* (L.) Roth, тогда как абсолютно заповедный участок активно зарастает *C. ruthenicus*, *Rosa pomifera* Herrm., *P. communis*, *M. sylvestris*, *C. fruticosa*, *Prunus spinosa* L. с содоминированием крупнотравья (*Chamaerion angustifolium* (L.) Holub, *C. arvense*).

Для южных вариантов РТКС, расположенных в степной зоне Украины, (отделения УСПЗ "Каменные Могилы" и "Хомутовская степь") также характерны отмеченные выше тенденции. На абсолютно заповедном участке "Хомутовской степи" несколько последних десятилетий фиксируется распространение кустарниковых степей с доминированием *C. frutex* и *A. nana*, которые до внедрения абсолютно заповедного режима эпизодически встречались лишь в депрессиях рельефа и на склонах р. Грузкой Еланчик. Дерновинно-злаковые фитоценозы практически отсутствуют, на смену им пришли корневищно-злаковые и разнотравные. Широко распространились заросли степных кустарников. Подобными изменениями характеризуется и растительность "Каменных Моги", отличаясь лишь небольшими спецификациями. Широкое распространение древесно-кустарниковой растительности в какой то мере сдерживает мощность почвенного горизонта, однако все доступные экотопы уже освоены *P. stepposa* и, особенно, *R. canina*. Необходимо отметить, что общие тенденции автогенетических сукцессий присущи всем рассматриваемым участкам.

Известно, что в подавляющем большинстве случаев сукцессионные изменения происходят вследствие дисбаланса между количеством продуцируемого органического вещества, с одной стороны, и деструкции – с другой. Поэтому утилизация избыточной продукции является необходимым условием достижения сукцессионной системой внутренне сбалансированных и достаточно стабильных климаксовых стадий. Однако абсолютно заповедный режим, практикуемый на части территории всех без исключения заповедников [14], способствует лишь производству и накоплению органического вещества. Достаточно бедный по видовому составу блок консументов не в состоянии выполнять регуляционные функции в рамках всего биоценоза. Даже попытки заменить природных потребителей органики сенокошением не привели к позитивному результату. Было достигнуто лишь "торможение" темпов сукцессионных смен, при сохраняющемся направлении дрейфа в сторону мезофитизации травостоев, с последующей экспансией разнотравных и древесно-кустарниковых сообществ.

Как известно, стабильность климакса достигается сложной структурно-функциональной организацией, способной эффективно контролировать колебания окружающей среды, не выходящих за пороговые значения. Вряд ли можно говорить о реальной реализации биоценологических механизмов регуляции растительных сообществ,

репрезентирующих современные резерватные степи. Поэтому соотношение стабильности климатика и его сукцессионных затрат должно быть важным фактором филоценогенеза.

Сукцессионные системы всех рассматриваемых типологических вариантов степей содержат стадии, характеризующиеся доминированием как травянистых, так и древесно-кустарниковых экобиоморф. Поэтому здесь уместно привести определение лесостепи, как специфического ландшафта (или системы), предложенного И.А. Банниковой: "Лесостепь как часть фитосферы специфична прежде всего в том отношении, что широкая взаимосвязь вещественно-энергетических и информационных компонентов (энергии, воды, газов, субстратов с их физико-химическими свойствами, организмов продуцентов, консументов и редуцентов, а также информации) осуществляется между элементарными экосистемами (биогеоценозами) чрезвычайно широкого ... диапазона, крайними звеньями которого являются контрастные по своим параметрам природные экосистемы – лес и степь" [1: с. 158]. Таким образом, в этой своеобразной зоне экотона сосуществуют в достаточно плотном контакте два чрезвычайно контрастных по своим характеристикам биома, образуя пеструю мозаику многовидовых сообществ.

Составляющие лесостепной комплекс подсистемы образуют два макроряда. Один из них состоит из классических лесных и степных сообществ со свойственными им ценотическими структурами, способами функционирования, специфическими энергетическими процессами и термодинамическими характеристиками. Второй макроряд состоит из множества подсистем "переходных" типов, способствующих видоизменению лесостепной фитосистемы с образованием новой структурно-функциональной специфики, наиболее соответствующей характеристикам среды в данный момент времени. Лесостепь, как система, организована не жестко, поэтому взаимодействующие в ней ряды подсистем со свойственными им регуляционными механизмами, поддерживают в ней как консервативные черты, так и свойство гибко меняться, не разрушаясь при возможных, но не радикальных трансформациях.

Возникает закономерный вопрос: каким же свойствами должна обладать ценотическая система, что бы в те или иные интервалы времени наиболее оптимально соответствовать средовым и биотическим параметрам? По мнению И.А. Банниковой [1], лесные экосистемы отличаясь высокой энергетической упорядоченностью, поскольку сохраняют наибольшее количество связанной в биомассе энергии. В тоже время, она наиболее далека от состояния термодинамического равновесия, поскольку ее многолетняя масса на несколько порядков превышает однолетнюю зеленую массу, накапливаемую в период активного метаболизма. Поэтому леса достигают верхнего энергетического уровня при относительно низких скоростях негэнтропийного процесса (под этим следует понимать прирост биомассы). Все это предполагает более высокие затраты энергии на поддержание гомеостаза вследствие аккумуляции огромной биомассы.

В сравнении с лесом, степная экосистема характеризуется наименьшей энергетической упорядоченностью, так как ее суммарная биомасса достаточно мала, поэтому верхний энергетический уровень достигается при самых высоких скоростях роста негэнтропии.

И леса, и степи представляют собой крупные совокупности живых макроскопических тел с очень неоднородным распределением органического вещества и разнокачественными процессами его накопления, преобразования и утилизации. Их различие четко проявляется при сравнении запаса биомасс (в ряду "леса – степи" от 500 до 20 т/га), скорости обновления запаса химической энергии в годовом цикле развития (от 5-10% для леса до 80-90% для степи), удельной скорости производства химической энергии (соответственно: от 10-20 до 90-180 мг/м² ·сут).

В последние время предпринимаются попытки объяснить эволюцию экосистем с позиций общефизических законов, в частности второго закона термодинамики (закона энтропии) [4, 10, 15, 28, 29]. Так, Я.П. Дидулом [4] было проведено сравнение энергетических потенциалов и потоков лесных и степных экосистем по различным блокам. Анализ полученных количественных данных свидетельствует о концентрации энергии в биомассе лесных

фитосистем, характеризующихся высокой энергетической емкостью, и в подземном блоке степных экосистем (преимущественно за счет высокой концентрации гумуса). Биотический блок степей характеризуется высоким энергетическим оборотом, в 16 раз превышающим лесные экосистемы, а также более высокими показателями энтропии (0,48), чем в лесных (0,035), что определяет характер сукцессии.

По видимому, именно энтропия производит своеобразный природный отбор наиболее адаптированных к условиям окружающей среды в данный момент времени биологических структур практически на всех уровнях организации живой материи.

Выводы

Подытоживая все выше изложенное трудно сделать всеобъемлющий и однозначный вывод об особенностях течения и механизмах автогенетических сукцессий, происходящих в степных и части лесостепных заповедниках Украины и России. Однако с достаточной уверенностью можно утверждать о существенном влиянии абсолютно заповедного режима на изменение величин ряда ведущих экологических факторов, провоцирующих инверсию основных биоценологических структур, и переход их на совершенно иные способы функционирования. Более того, часто такие трансформации экологических параметров, особенно в эдафическом блоке, являются практически необратимыми, что делает невозможным возврат к прежней норме их организации.

Это позволяет сделать вывод о том, что заключительные этапы автогенетических сукцессий степной растительности можно трактовать как филоценогенетические события, поскольку происходит кардинальная смена структуры и способа функционирования биома с доминированием трав на биоценологическую структуру с явно выраженной эдификаторной ролью лигнозных экобиоморф.

Список литературы

1. Банникова И.А. Лесостепь внутренней Азии: структура и функция. – М., 2003. – 287 с.
2. Василевич В.И. Очерки теоретической фитоценологии. – Л.: Наука, 1983. – 248 с.
3. Голубець М.А. Екологія. – Львів: Поллі, 2000. – 316 с.
4. Дідух Я.П. Еколого-енергетичні аспекти у співвідношенні лісових і степових екосистем // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, № 4. – С. 455-467.
5. Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів. – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
6. Жерихин В.В. Природа и история травяных биомов // Степи Евразии: проблемы сохранения и восстановления / Отв. ред. З.В. Карамышева. – С.Пб., М.: Ин-т географии РАН, 1993. – С. 29-49.
7. Ипатов В.С., Кирикова Л.А. Фитоценология: Учебник. – С.Пб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 1999. – 316 с.
8. Лавренко Е.М. Степи СССР: Избранные труды. – С.Пб.: Изд-во С.-Петербургского ун-та, 2000. – С. 11-222.
9. Лисенко Г.М. Вплив режимів користування на гідротермічний та едафічний фактори степових екосистем "Михайлівської цілини" (Сумська область) // Укр. ботан. журн. – 1992. – 49, № 1. – С. 22-27.
10. Лисенко Г.М. "Сукцесійний колапс" степових екосистем у світлі другого закону термодинаміки // Укр. ботан. журн. – 2005. – 62, № 2. – С. 270-279.
11. Лисенко Г.М. Філоценогенетичні аспекти резерватного структурогенезу рослинності степів // Мат. XII з'їзду Укр. ботан. тов-ва (м. Одеса, 15-18 травня 2006 р.). – Одеса, 2006. – С. 133.
12. Мордкович В.Г. Степные экосистемы. – Новосибирск: Наука, 1982. – 205 с.
13. Одум. Ю. Экология: Пер. с англ.: В 2-х т. – М.: Мир, 1986. – Т. 2. – 376 с.

14. Осичнюк В.В. Деякі особливості заповідного режиму у відділеннях Українського державного степового заповідника // Укр. ботан. журн. – 1979. – 36, № 4. – С. 347-352.
15. Пригожин И., Стенгерс И. Порядок из хаоса: Новый диалог человека с природой. – М.: Прогресс, 1986. – 431 с.
16. Разумовский С.М. Закономерности динамики биоценозов. – М.: Наука, 1981. – 231 с.
17. Руттен М. Происхождение жизни (естественным путем). – М.: Мир, 1973. – 413 с.
18. Самойлов Ю.И., Тархова Т.Н. Анализ сукцессионной мозаики напочвенного покрова с использованием марковских моделей // Ботан. журн. – 1985. – 70, № 1. – С. 12-22.
19. Семенова-Тян-Шанская А.М. Накопление и роль подстилки в травяных сообществах. – Л.: Наука, 1977. – 191 с.
20. Ситник К.М., Голубець М.А. До питання про еволюцію екосистем // Укр. ботан. журн. – 1983. – 40, № 1. – С. 1-9.
21. Сукачев В.Н. Идеи развития в фитоценологии // Сов. ботаника. – 1942. – Вып. 1. – С. 3-12.
22. Ткаченко В.С. Автогенез степів України: Дис. ... д-ра біол. наук у формі наукової доповіді. – К., 1992. – 49 с.
23. Ткаченко В.С. Фітоценотичний моніторинг резерватних сукцесій в Українському степовому природному заповіднику. – К.: Фітосоціоцентр, 2004. – 183 с.
24. Ткаченко В.С., Лисенко Г.М., Вакал А.П. Зміна екоотопів лучного степу "Михайлівської цілини" (Сумська область) у ході резерватної сукцесії // Укр. ботан. журн. – 1993. – 50, № 3. – С. 44-51.
25. Хайтун С.Д. Фундаментальная сущность эволюции // Вопр. философии. – 2001. – № 2. – С. 152-166.
26. Югай Г.А. Общая теория жизни: диалектика формирования. – М.: Мысль, 1985. – 256 с.
27. Яблоков А.В., Юсуфов А.Г. Эволюционное учение (Дарвинизм): Учеб. для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1989. – 335 с.
28. Holman J.P. Thermodynamics. – New York ets.: McGraw-hill Book Company, 1969. – 446 p.
29. Ishida M. Thermodynamics made Comprehensible. – New York: Nowa Science Publishers, Inc., 2002. – 148 p.
30. Zherikhin V.V. Succession pruning: a possible mechanism of biome diversification // A.Yu. Rozanov e.a. (eds.). Evolution of the Biosphere. Rec. Queen Victoria Mus. & Art Gallery. Launceston. – N. 104. – P. 65-74.

Лисенко Г.М. Автогенетичні сукцесії степової рослинності у світлі теорії філоценогенезу. – Розглянута специфіка процесів саморозвитку (автогенетичних сукцесій), котрі відбуваються в автотрофному блоці степових екосистем за умови тривалого впливу абсолютно заповідного режиму. Запропоновано трактувати інверсію основних фітоценоструктур, що відбувається на тлі кардинальної зміни величин ряду лімітуючих екологічних чинників, як елементарну філоценогенетичну подію. Спрямованість автогенезу у бік домінування лігнозних екобіоморф зумовлена більшою ефективністю ентропійних параметрів системи.

Ключові слова: степові фітоценоструктури, автогенетичні сукцесії, філоценогенез, ентропія.

Lysenko H.N. Autogenic successions of steppe vegetation the point of view of the phylocoenogenesis theory. – The specific of processes self-development (autogenic successions) of autotrophic bloc steppe ecosystems in condition prolonged influence complete reserve regime was consider. The inversion the main phytocoenostructures, which realize on background cardinal changes quantities some limited ecological factors to consider elementary phylocoenogenesis event. The main direction of autogenesis processes to back dominate trees and shrubs communities conditioned of more effective entropy parameters of this system.

Key words: steppe phytocoenostructures, autogenic successions, phylocoenogenesis, entropy.

В.М. Остапко, Н.Ю. Гнатюк
ГЕОГРАФИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ФЛОРЫ
РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА "ДОНЕЦКИЙ КРЯЖ"
Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильича, 110
e-mail: herb@herb.dn.ua

Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Географическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж". – Географическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж" является комплексом разнородных геоэлементов, в котором доминируют виды палеарктического (24,4%) и причерноморского (24,2%) распространения. Полученные результаты свидетельствуют об индивидуальности исследуемой флоры, которая заключается в роли причерноморского эндемизма (24,2%).

Ключевые слова: географическая структура флоры, Донецкий кряж, региональный ландшафтный парк, эндемичные виды.

Введение

Региональный ландшафтный парк "Донецкий кряж" (РЛП), организованный в 2000 г. на территории Шахтерского района Донецкой области с общей площадью 3952,2 га, является уникальным природным комплексом и представляет собой природное ядро экологической сети национального значения [18].

Своеобразные геологические, климатические и почвенные условия способствовали формированию на территории парка богатой и разнообразной флоры, насчитывающей 476 видов сосудистых растений [15, 16], среди которых 57 видов, охраняемых на разных уровнях [15, 17].

Исследование географического распространения видов растений, образующих в совокупности флору, является неотъемлемой частью её изучения. Проведение географического анализа и исследование эндемичных видов, произрастающих на данной территории, позволяют проследить историю формирования флоры и прогнозировать направления её дальнейшей трансформации. Изучение состава эндемичных видов способствует разработке методов индивидуальной охраны растений и охраны генофонда в целом, помогает глубже понять характер изучаемой флоры, что является важнейшей задачей в ботанико-природоохранных исследованиях территории РЛП.

Исследованию географической структуры и эндемичных видов флоры отдельных регионов посвящены публикации Р.И. Бурды [1], Р.В. Камелина [7], Р.П. Мельник [12], О.П. Крыся [10], Ан.В. Ены [5] и др. Р.И. Бурда, кроме проведенного анализа географической структуры флоры юго-востока Украины, определила эндемичный элемент данной флоры и ее флорогенетические и ценогенетические связи. Р.В. Камелин при помощи сравнения анализа эндемичных видов во флоре Варзоба и состава флор других районов горной Средней Азии произвел разделение этой провинции на участки округов. Р.П. Мельник в своих работах провела географический анализ урбанофлоры г. Николаева, а О.П. Крыся – флоры лугов горно-лесного пояса Украинских Карпат. Ан.В. Ена в обзорных статьях рассмотрел понятие "эндемик" и сделал вывод об определенной потере его значимости в настоящее время. Несмотря на большое количество публикаций географическая структура флоры РЛП "Донецкий кряж" осталась не изученной.

Поэтому целью данной работы является провести географический анализ флоры РЛП "Донецкий кряж", позволяющий установить типы распространения, выделить географические элементы флоры, выявить абсолютное число эндемичных видов, их роль в сложении данной флоры, определить систематический ранг эндемичных таксонов.

Материал и методы исследований

Материалами для анализа географической структуры флоры РЛП "Донецкий кряж" послужили флористические списки, составленные на основе собственных полевых обследований, критически обработанных материалов гербарных коллекций Донецкого

ботанического сада НАН Украины (DNZ) и опубликованных данных [13]. В основу классификации ареалов положены флористическое районирование Земли [19] и ботанико-географическое деление степной области Евразии и Афро-Азиатской пустынной области [11]. Сведения об общем распространении растений были получены из "Флоры СССР" [21], "Флоры УРСР" [22], "Флоры европейской части СССР" [20], "Екофлоры Украины" [3], а также из отдельных монографий и статей с первоописанием видов [8, 14]. Статистическая обработка данных осуществлена с помощью компьютерной базы данных "Антропогенная трансформация флоры" [2].

Результаты и обсуждение

Под географической структурой флоры определенной территории понимают свойственный ей спектр географических элементов (ареалогических групп). Последние определяют на основе объединения в группы видов, ареалы которых являются схожими в пространственно-географическом отношении. При этом учитывают только современные ареалы видов. В качестве основной единицы принят географический элемент. Также учитывались зональные особенности, приуроченность распространения видов к определенным частям света или к определенному флористическому хориону. Вместе с тем были выделены хорионы, которые составляют основу ее географической структуры. Под эндемиками понимают виды (роды и другие таксоны), распространение которых ограничивается определенной территорией.

Результаты изучения географической структуры флоры РЛП указали на большую гетерогенность изучаемой флоры, а также на сходство с таковой юго-востока Украины. Установлено, что ядром, как во флоре РЛП, так и во флоре юго-востока Украины являются широкоареальные виды голарктического и палеарктического типов геоэлементов, объединяющие более 30% зарегистрированных видов. Причем ведущую роль, среди названных типов геоэлементов во флоре парка, играют палеарктические – 24,4% (табл. 1). Этот географический элемент объединяет виды, чаще всего распространенные в умеренной полосе Евразийского континента, например, *Humulus lupulus* L., *Urtica dioica* L., *Arenaria uralensis* Pall. ex Spreng., *Stellaria holostea* L., *Viola mirabilis* L., *Sedum acre* L., *Echium vulgare* L. и др.

Голарктический геоэлемент включает виды, распространенные по всей умеренной полосе северного полушария как на Евразийском, так и на Американском континентах, например, *Cystopteris fragilis* (L.) Bernh., *Asplenium septentrionale* (L.) Hoffm., *Ranunculus repens* L., *R. reptans* L., *Thalictrum minus* L., *Fallopia dumetorum* (L.) Holub, *Hieracium umbellatum* L. и др. Во флоре РЛП процент видов, относящихся к голарктическому географическому элементу, не высок – 7,1%.

Всего 1% общего состава флоры парка приходится на долю плюрирегионального геоэлемента, это в шесть раз ниже процента данного географического элемента во флоре юго-востока Украины (5,9%). К плюрирегиональному геоэлементу относят, главным образом, сорные растения (например, *Polygonum aviculare* L.), а также растения, произрастающие во влажных местах: *Calystegia sepium* L., *Typha angustifolia* L., *Lemna minor* L. Довольно высокий процент во флоре РЛП (8,1%) голарктического и плюрирегионального геоэлементов обусловлен антропогенной трансформацией флоры парка.

Европейский геоэлемент, к которому также отнесены виды европейско-дальневосточного дизъюнктивного распространения, составляет значительную часть флоры парка. К нему относятся виды, основная часть ареалов которых находится в подзоне широколиственных лесов Европы, например, *Euphorbia seguierana* Neck., *Tilia cordata* Mill., *Rosa dumalis* Bechst., *Euonymus verrucosa* Scop., *Betonica perauca* Klokov. Европейский географический элемент во флоре парка представлен 12,6%, а во флоре юго-востока Украины – 10,4%.

**Сравнение географической структуры флор РЛП "Донецкий кряж"
и юго-востока Украины**

Географический элемент	РЛП "Донецкий кряж"		Юго-восток Украины	
	Количество видов	% *	Количество видов	% **
Плюрирегиональный	5	1,0	116	5,9
Голарктический	34	7,1	177	9,0
Палеарктический	116	24,4	434	22,2
Европейский	60	12,6	204	10,4
Европейско-средиземноморский	14	2,9	49	2,5
Средиземноморский	8	1,7	29	1,5
Причерноморско-средиземноморский	28	5,9	67	3,4
Центральноевроазиатский	41	8,6	111	5,7
Причерноморский	115	24,2	462	23,6
Восточнопричерноморский	12	2,5	34	1,7
Донецко-приазовский	7	1,5	15	0,8
Донецко-донской	2	0,4	33	1,7
Донецкий	3	0,6	17	0,9
Приазовский	-	-	20	1,0
Группа адвентивных растений	54	11,3	286	14,6
Дизъюнктивный	1	0,2	11	0,6
Всего	476	100	1956	100

Примечание. * – процент от общего состава флоры РЛП "Донецкий кряж";

** – процент от общего состава флоры юго-востока Украины.

Европейско-средиземноморский геоэлемент с ареалом, охватывающим большую часть Древнего Средиземья и преимущественно западные части Палеарктики составил 2,9%, в том числе *Vinca herbacea* Waldst. et Kit, *Ajuga pseudochia* Des.-Schost., *Scorzonera jacquiniana* (Koch) Boiss, *Carex michelii* Host, *Elytrigia elongata* (Host) Nevski и т.д.

Средиземноморский тип с ареалом в области Древнего Средиземья, т.е. от Испании и Марокко до Синьцзяна и Западных Гималаев составил всего 1,7%, среди которых есть эфемероиды (*Muscari neglectum* Guss.). Некоторые виды, относящиеся к данному геоэлементу, тяготеют к влажным местообитаниям (например, *Arum elongatum* Steven), а некоторые к засушливым (*Linum austriacum* L.).

Причерноморско-средиземноморский геоэлемент во флоре РЛП более весомый (5,9%), типичными представителями которого являются *Consolida regalis* S.F.Gray, *Seseli campestre* Besser, *Aster bessarabicus* Bernh. ex Reicheb., *Scilla siberica* Haw., *Xeranthemum annuum* L. и др.

Также многочисленным является центральноевроазиатский тип ареала, представители которого распространены в границах Евроазиатской степной области. В составе исследуемой флоры центральноевроазиатский геоэлемент достаточно высок (8,6%), в его состав вошли основные ценозообразователи типичных степей: *Stipa capillata* L., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *Festuca valesiaca* Gaudin, *Alyssum desertorum* Stapf., *Caragana frutex* (L.) K. Koch. и др.

В причерноморскую группу распространения объединены виды с довольно различными ареалами, из них наиболее обширные имеют причерноморско-прикаспийские виды, распространенные от Дуная до Каспия. Эти виды свидетельствуют о туранских связях изучаемых флор. Значительным количеством видов представлен причерноморский элемент 24,2%, он включает виды, распространенные в степной и в лесостепной зонах к северу от Черного и Азовского морей [4]. Это *Adonis wolgensis* Steven, *Pulsatilla nigricans* Sturck,

Limonium platyphyllum Lincz., *Viola suavis* M.Bieb., *Euphorbia stepposa* Zoz ex Prokh. и др. Во флоре юго-востока Украины причерноморские и палеарктические географические элементы вместе занимают ведущее положение в географической структуре и составляют 48,6% от общего количества видов флоры.

На территории РЛП обнаружено 2,5% восточнопричерноморских видов, т.е. видов с узким ареалом, расположенным между Днестром и Доном (*Rosa lapidosa* Dubovik, *R. tesquicola* Dubovik, *Linum czernialvii* Klokov, *Onosma tanaitica* Klokov, *Veronica maeotica* Klokov и др.).

Эндемичное ядро флоры парка составляют донецко-приазовский, донецко-донской и донецкий геоэлементы. Узкими эндемиками являются следующие 7 донецко-приазовских видов: *Rosa maeotica* Dubovik, *Asperula granitica* Klokov, *Jurinea granitica* Klokov, *Scrophularia donetzica* Kotov, *Hyacinthella pallasiana* (Steven) Losinsk., *Tulipa ophiophilla* Klokov et Zoz, *Centaurea tanaitica* Klokov. Небольшие ареалы имеют, распространенные на Донском кряже *Cleome donetzica* Tzvelev и *Viola donetzkiensis* Klokov.

Донецко-донской геоэлемент, составляющий 0,4%, объединил, главным образом, редковстречающиеся виды: *Alyssum gymnopodium* P.Smirn. и *Centaurea tanaitica* Klokov.

Дизъюнктивный геоэлемент связующего типа – это отдельные участки разорванного ареала, характер которого объясняется историко-геологическими причинами, а именно – разрывом ранее сплошных ареалов. Входящие в него виды не тяготеют к определенному типу геоэлемента, а приурочены к различным типам. Дизъюнктивный геоэлемент во флоре РЛП представлен 1 видом – *Phlomis stepposa* Klokov, что подтверждает связь современной флоры РЛП с древними флорами.

Флора РЛП "Донецкий кряж" репрезентирует в значительной степени специфичность причерноморского эндемизма флоры степной зоны (96 видов), что составляет 20,2% от общего состава флоры парка.

Представители эндемичного элемента по характеру географического распространения делятся на двенадцать групп (табл. 2). Наибольшими по количеству видов являются причерноморская (28 видов) и восточнопричерноморская (27 видов) группы.

Причерноморская эндемичная группа представлена большим количеством охраняемых видов, которые приурочены к различным местообитаниям, и образуют малочисленные популяции почти по всей территории РЛП (*Pulsatilla nigricans* Sturck., *Tulipa quercetorum* Klokov), изредка встречаются, главным образом на опушках и в зарослях кустарников (*Crocus reticulatus* Steven ex Adams) [17]. Виды *Dianthus elongatus* С.А.Мей и *Crambe aspera* M.Bieb. выявлены только на степных участках вокруг мемориального комплекса Саур-Могила [17]. Широко распространен по всей территории РЛП степной вид *Stipa ucrainica* P.Smirn [17], выступающий доминантом и содоминантом в формациях степной растительности [6]. Эндемик юго-востока Украины *Otites maeotica* Klokov, являющийся элементом совида без переходной зоны [14], на территории парка встречается не часто.

В целом, причерноморская эндемичная группа весьма разнообразна степными, лесными и опушечными видами (*Erysimum sylvaticum* M.Bieb., *Echium russicum* J.F.Gmel., *Herniaria besserii* Fisch. ex Hornem., *H. kotovii* Klokov, *Silene supina* M.Bieb., *Viola suavis* M.Bieb., *Euphorbia semivillosa* Prokh., *E. stepposa* Zoz et Prokh., *Astragalus ucrainicus* M.Pop. et Klokov, *Galium pseudohumifusum* (Klokov) Ostapko, *Orthanthella lutea* (L.) Rauschert, *Veronica barrelieri* Schott, *Ballota longicalix* Klokov, *Marrubium praecox* Janko, *Salvia nutans* L., *Stachys transsilvanica* Schur., *Campanula farinosa* Andrz., *Carduus fortior* Klokov, *Centaurea orientalis* L., *Tragopogon major* Jacq., *Iris taurica* Lodd), которые являются основными представителями травянистого покрова парка.

Таблица 2

Распределение эндемичных видов по семействам во флоре РЛП "Донецкий край"

Семейство	Эндемичная группа											Всего
	Восточнопричерноморская	Причерноморско-прикаспийская	Южнопричерноморская	Приазовско-донецкая	Причерноморская	Восточнопричерноморско-прикаспийская	Северопричерноморская	Причерноморско-кавказская	Причерноморско-переднеазиатская	Западнопричерноморская	Причерноморско-западносибирская	
<i>Rosaceae</i>	8	2	1	1	-	-	-	-	-	-	-	12
<i>Asteraceae</i>	3	1	2	-	3	2	-	-	-	-	-	11
<i>Lamiaceae</i>	3	-	2	-	4	-	-	-	-	-	-	9
<i>Caryophyllaceae</i>	-	1	-	-	5	1	-	-	-	-	-	7
<i>Fabaceae</i>	1	1	1	-	1	2	-	-	-	-	-	6
<i>Rubiaceae</i>	2	-	-	1	1	1	1	-	-	-	-	6
<i>Scrophulariaceae</i>	2	1	1	-	2	-	-	-	-	-	-	6
<i>Poaceae</i>	-	2	-	-	1	-	-	-	-	-	1	4
<i>Ranunculaceae</i>	1	1	-	-	1	-	-	1	-	-	-	4
<i>Euphorbiaceae</i>	-	1	-	-	2	-	1	-	-	-	-	4
<i>Apiaceae</i>	-	2	-	-	-	1	-	-	-	-	-	3
<i>Brassicaceae</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
<i>Boraginaceae</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
<i>Violaceae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	1	-	-	2
<i>Asclepiadaceae</i>	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Campanulaceae</i>	-	-	-	-	1	-	-	-	-	1	-	2
<i>Convallariaceae</i>	1	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	2
<i>Alliaceae</i>	-	2	-	-	-	-	-	-	-	-	-	2
<i>Iridaceae</i>	-	-	-	-	2	-	-	-	-	-	-	2
<i>Polygonaceae</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Pinaceae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Urticaceae</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Limoniaceae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Malvaceae</i>	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1	-	1
<i>Linaceae</i>	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Dipsacaceae</i>	-	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	1
<i>Hyacinthaceae</i>	-	-	-	1	-	-	-	-	-	-	-	1
Всего	27	17	7	3	28	7	2	1	1	2	1	96
% от общего количества эндемичных видов	28,1	17,7	7,3	3,1	29,2	7,3	2,1	1,0	1,0	2,1	1,0	100

Восточнопричерноморская эндемичная группа разнообразна по видовому составу как ксеромезофитными видами, с широким распространением по всей территории парка (например, *Tulipa ophiophylla* Klokov et Zoz.), так и мезоксерофитными, произрастающими в одном-двух местах (например, *Onosma tanaitica* Klok. и *Clematis pseudoflammula* Schmalh. ex Lipsky). Также как и причерноморская, восточнопричерноморская эндемичная группа богата видами, произрастающими на территории парка на степях и опушках (*Rosa chomutoviensis* Chrshan. et Laseb., *R. diplodonta* Dubovik, *R. lapidosa* Dubovik, *R. lonaczewskii* Dubovik, *R. lupulina* Dubovik, *R. subpygmaea* Chrshan., *R. tesquicola* Dubovik, *Lotus ucrainicus* Klokov, *Linum czerniaëvii* Klokov, *Vincetoxicum intermedium* Taliev, *V. maeoticum* (Kleopov) Barbar., *Asperula rumelica* Boiss, *Galium tomentellum* Klokov, *Linaria maeotica* Klokov, *Veronica maeotica* Klokov, *Phlomidoides stepposa* (Klokov) Ostapko, *Salvia tesquicola* Klokov et Pobed., *Thymus calcareus* Klokov et Des.-Shost., *Achillea leptophylla* M.Bieb., *Centaurea tanaitica* Klok., *Jurinea granitica* Klokov, *Goniolimon tataricum* (L.) Boiss., *Crataegus fallacina* Klokov).

В причерноморско-прикаспийскую эндемичную группу входят 17 видов, многие из которых свидетельствуют о туранских связях изучаемой флоры (*Adonis wolgensis* Steven, *Potentilla astracana* Jacq., *Ferulago galbanifera* (Mill.) W.D.J.Koch., *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvelev, *Urtica galeopsifolia* Wierbz. ex Opiz, *Dianthus andrzejowskianus* (Zapal.) Kulcz., *Polygonum patulum* M.Bieb., *Euphorbia leptocaula* Boiss., *Potentilla schurii* Fuss ex Zimmeter, *Astragalus varius* S.G.Gmel., *Pimpinella titanophila* Woronow, *Cephalaria uralensis* (Murray) Roem. et Schult., *Melampyrum argyrocomum* Fisch. ex Koso-Pol., *Allium flavescens* Besser, *A. inaequale* Janka, *Bromopsis riparia* (Rehman) Holub, *Stipa dasphylla* (Czern. ex Lindem.) Trautv.).

В восточнопричерноморско-прикаспийскую эндемичную группу, насчитывающую 7 видов, входят как широко распространенные на территории парка степные виды (*Psammophiliella stepposa* (Klokov) Ikonn., *Galium octonarium* (Klokov) Soy., *Centaurea carbonata* Klokov, *Cirsium ukrainicum* Besser.), так и локально распространенные реликтовые (*Astragalus albicaulis* DC., *Ferula tatarica* Fisch. ex Spreng., *Calophaca wolgarica* (L.f) DC.).

В южнопричерноморскую эндемичную группу вошли 7 видов, произрастающих на каменистых степях в отдельных локалитетах: *Caragana scythica* (Kom.) Pojark., *Rosa bordzilowskii* Chrshan., *Thymus dimorphus* Klokov et Des.-Shost., *Linaria euxina* Velen., *Teucrium stevenianum* Klokov, *Centaurea taliewii* Kleopow, *Jurinea brachycephala* Klokov).

Приазовско-донецкая группа представлена 3 видами (*Rosa maeotica* Dubovik, *Asperula granitica* Klokov, *Hyacinthella pallasiana* (Steven) Losinsk.), которые на степных участках встречаются спорадически.

Западнопричерноморская и северопричерноморская группы содержат по 2 вида. К первой относятся *Alcea heldreichii* (Boiss.) Boiss и *Campanula macrostachya* Waldst. et Kit. ex Willd., ко второй – *Euphorbia virgultosa* Klokov и *Galium olgae* Klokov.

Только по одному виду имеют причерноморско-кавказская, причерноморско-западносибирская и причерноморско-переднеазиатская группы, соответственно – *Ranunculus scythicus* Klokov, *Stipa grafiana* Steven, *Viola ambigua* Waldst. et Kit.

Анализ систематической структуры эндемичных и субэндемичных для Причерноморья видов, произрастающих на территории РЛП "Донецкий кряж", позволил установить, что они принадлежат к 27 семействам и 61 роду. Наиболее богато эндемичными видами представлены семейства *Rosaceae* (12 видов), *Asteraceae* (11), *Lamiaceae* (9), *Caryophyllaceae* (7) они составляют 40,6% всего количества эндемиков. По 6 (18,7%) эндемичных видов насчитывают семейства *Fabaceae*, *Rubiaceae* и *Scrophulariaceae*. Семейства *Poaceae*, *Ranunculaceae*, *Euphorbiaceae* содержат по 4 вида (12,5%), семейство *Apiaceae* – 3 (3,1%). Остальные семейства: *Brassicaceae*, *Boraginaceae*, *Violaceae*, *Asclepiadaceae*, *Campanulaceae*, *Convallariaceae*, *Alliaceae*, *Iridaceae*, *Polygonaceae*, *Pinaceae*, *Urticaceae*, *Limoniaceae*, *Malvaceae*, *Linaceae*, *Dipsacaceae*, *Hyacinthaceae* содержат по 2-1 вида (25%) (см. табл. 2).

Самым насыщенным эндемичными видами является род *Rosa*, насчитывающий 9 видов (9,4%). По 4 эндемичных вида (12,5%) содержат роды *Euphorbia*, *Galium*, *Centaurea*. Роды

Astragalus и *Stipa* представлены по 3 вида (6,2%). По 2 эндемичных вида (29,1%) содержат *Dianthus*, *Herniaria*, *Viola*, *Potentilla*, *Vincetoxicum*, *Asperula*, *Linaria*, *Veronica*, *Salvia*, *Thymus*, *Campanula*, *Jurinea*, *Tulipa*, *Allium*. Остальные роды насчитывают по 1 виду (42,7%).

По признакам жизненных форм среди эндемичных видов преобладают травянистые поликарпики (56 видов), хотя довольно большая доля участия малолетников и однолетников (12 видов). Довольно показателен эколого-ценотический спектр эндемичного ядра флоры. В нем преобладают виды степофитона (62 вида, в том числе 11 петрофильностепных и 1 псаммофильностепной) и петрофитона (19 видов, в том числе 4 кальцепетрофильных и 1 силикопетрофильный). Неморальнолесной флороценотип включает 10 видов, а псаммофитон – 3. Такой эколого-ценотический спектр автохтонного ядра вполне характерен для флоры юго-востока Украины [1].

Довольно многочисленна, неоднородна по своему составу, по характеру ареалов, по центрам происхождения, а также по путям проникновения в юго-восточные районы Украины группа адвентивных растений. Она включает виды, происходящие из различных флористических областей и занесенные в данный район антропохорно. В изучаемой флоре группа адвентивных растений составила 11,3%. Представителями группы адвентивных растений являются: *Morus alba* L., *Atriplex tatarica* L., *Polycnemum arvense* L., *Amaranthus albus* L., *Lepidium ruderae* L., *Grindellia sguarrosa* (Pursh.) Dunal., *Xanthium californicum* Greene.

Выводы

Анализ географической структуры флоры РЛП "Донецкий кряж" позволил заключить, что исследуемую территорию формируют виды как с крупнейшими голарктическими ареалами, так и с локальными, эндемичными для юго-востока Украины. Полученные результаты свидетельствуют о том, что изучаемая флора принадлежит к типичным степным флорам Бореального подцарства Голарктического царства. Наличие эндемичных видов свидетельствует о высокой степени самобытности флоры.

Список литературы

1. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.
2. Бурда Р.И., Остапко В.М. Автоматизированная база данных флоры юго-востока Украины // Интродукция и акклиматизация растений. – 1993. – Вып. 20. – С. 34-39.
3. Дідух Я.П., Плюта П.Г., Протопопова В.В. та ін. Екофлора України. – К.: Фітосоціоцентр, 2000-2002. – Т. 1-3.
4. Дубовик О.М. Нарис флори Донецького Лісостепу. II Ендемічні та заміщуючі види // Укр. ботан. журн. – 1964. – 21, №4. – С. 85-94.
5. Ена Ан.В. Концепция эндемизма в географии растений // Укр. ботан. журн. – 2004. – 61, №4. – С. 7-20.
6. Зеленая книга Украинской ССР: Редкие, исчезающие и типичные, нуждающиеся в охране растительные сообщества / Под общ. ред. Ю.Р. Шеляга-Сосонко. – К.: Наук. думка, 1987. – 216 с.
7. Камелин Р.В. Флорогенетический анализ естественной флоры Горной Средней Азии. – Л.: Наука, 1973. – 356 с.
8. Кондратюк Е.Н., Бурда Р.И., Остапко В.М. Конспект флоры юго-востока Украины. – К.: Наук. думка, 1985. – 272 с.
9. Крицька Л.І. Аналіз флори степів та вапнякових відслонень Правобережного Злакового Степу // Укр. ботан. журн. – 1985. – 42, № 2. – С. 1-5.
10. Крысь О.П. Географический анализ флоры лугов горно-лесного пояса Украинских Карпат // Ботан. журн. – 1999. – 75, № 12. – С. 1669-1680.

11. *Лавренко Е.М., Карамышева З.В., Никулина Р.И.* Степи Евразии. – Л.: Наука, 1991. – 146 с.
12. *Мельник Р.П.* Географічний аналіз урбанofлори м. Миколаєва // Укр. ботан. журн. – 2001. – 58, № 6. – С. 709-715.
13. *Остапко В.М.* Раритетный флорофонд юго-востока Украины (хорология). – Донецк: ООО "Лебедь", 2001. – 121 с.
14. *Остапко В.М.* Эйдологические, популяционные и ценогические основы фитосозологии на юго-востоке Украины. – Донецк: ООО "Лебедь", 2005. – 408 с.
15. *Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю.* Биоморфологическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж" // Промышленная ботаника. – 2006. – Вып. 6. – С. 174-179.
16. *Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю.* Систематическая структура флоры регионального ландшафтного парка "Донецкий кряж" // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведом. сб. науч. работ / Отв. ред. С.В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2005. – Вып. 5. – С. 53-60.
17. *Остапко В.М., Назаренко Г.С., Гнатюк Н.Ю., Муленкова О.Г., Мовчан Т.Ю., Шпилева Н.В.* Рідкісні та зникаючі види флори регіонального ландшафтного парку "Донецький кряж" // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 233-237.
18. *Розбудова екомережі України / Укл. Я.І. Мовчан, Ю.Р. Шеляг-Сосонко, С.Ю. Попович та ін.* – К.: Абрис, 1999. – 127 с.
19. *Тахтаджян А.Л.* Флористические области Земли. – Л.: Наука, 1978. – 247 с.
20. *Флора европейской части СССР (Флора Восточной Европы).* – Л.: Наука, 1974-1995. – Т. 1-11.
21. *Флора СССР: В 30 т.* – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1934-1960. – Т. 1-30.
22. *Флора УРСР: В 12 т.* – К.: Вид-во АН УРСР, 1936-1965. – Т. 1-12.

Остапко В.М., Гнатюк Н.Ю. Географічна структура флори регіонального ландшафтного парку "Донецький кряж". – Географічна структура флори регіонального ландшафтного парку "Донецький кряж" є комплексом різнорідних геоелементів, в якому домінують види палеарктичного (24,4%) та причорноморського (24,2%) поширення. Отримані результати свідчать про особливість досліджуваної флори, яка полягає у ролі причорноморського ендемізму (24,2%).

Ключові слова: географічна структура флори, Донецький кряж, регіональний ландшафтний парк, ендемічні види.

Ostapko V.M., Gnatyuk N.Yu. Geographical flora structure of the regional landscape park "Donetskiy kryazh". – Geographical flora structure of the regional landscape park "Donetskiy kryazh" is a complex of heterologous geoelements, in which species of both palaeartic (24,4%) and Black sea Region (24,2%) distribution dominate. The data obtained testify to individuality of researched flora, that lies in role of Black sea Region endemism (24,2%).

Key words: geographical flora structure, Donetskiy kryazh, regional landscape park, endemic species.

Л.В. Попова¹, А.В. Бутюгин²

**СПОСОБНОСТЬ К РИЗОГЕНЕЗУ НЕКОТОРЫХ ВИДОВ РОДА *SEDUM* L.
(*CRASSULACEAE* DC.)**

¹Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр. Ильча, 110
e-mail: herb@herb.dn.ua

²Донецкий национальный университет, НИО "Нетопливное использование углей";
83055, г. Донецк, ул. Университетская, 24, корп. 9, к. 703
e-mail: himfak@dongu.donetsk.ua

Попова Л.В., Бутюгин А.В. Способность к ризогенезу некоторых видов рода *Sedum* L. (Crassulaceae DC.). – Приведены результаты опыта по изучению ризогенеза 2-х видов рода *Sedum* L. (сем. *Crassulaceae* DC.). Использовали два варианта субстрата и предварительную обработку черенков дистиллированной водой и гуматами аммония с добавлением микроэлементов (меди, цинка, бора, молибдена, кобальта, германия).

Ключевые слова: черенкование, ризогенез, гуматы, *Sedum* L., Crassulaceae DC.

Введение

Зеленое строительство юго-востока Украины из-за малого количества аборигенных декоративных видов нуждается в привлечении новых растений, устойчивых к засушливому климату региона и способных в короткие сроки образовывать большое количество посадочного материала.

Черенкование – один из способов получения посадочного материала новых декоративно-ценных растений. Изучение регенерации тканей и органов имеет большое значение при массовом вегетативном размножении растений [12]. Особенно важно оно при размножении растений, имеющих очень мелкие семена и, соответственно, мелкие всходы, в природных условиях часто погибающие даже при незначительном пересыхании верхнего слоя почвы.

Для решения проблемы озеленения юго-востока Украины перспективным является использование в зеленом строительстве Донбасса видов рода *Sedum* L. (Crassulaceae DC.). Это многолетние цветочно- и листовенно-декоративные травянистые растения степей, лесов, аркто-альпийского пояса гор, а также обнажений горных пород и каменистых склонов [3-5, 9]. В Европе культивируют около 100 видов рода. По литературным данным, черенкование рекомендуется проводить с середины мая до конца августа [1, 2, 8, 11, 13, 14].

Для определения особенностей размножения вегетативным способом 2 декоративных видов рода *Sedum* L. (*S. floriferum* (Praeger L.; 1918) cv. *Weihenstephander Gold* и *S. kamtzchaticum* (Fischer F. E. L.; 1841) f. *variegata*) была поставлена цель – изучить влияние типа субстрата для укоренения черенков и воздействие гуматов на их корнеобразовательную способность.

Материал и методы исследований

S. floriferum cv. *Weihenstephander Gold* – травянистый многолетник высотой до 15 см, образующий небольшие куртинки. Декоративен в течение всего вегетационного периода.

S. kamtzchaticum f. *variegata* – травянистый многолетник с немногочисленными прямыми или приподнимающимися, равномерно олиственными побегами 30-40 см высотой. Декоративен в течение всего вегетационного периода.

В 2004 году (начало июля – середина августа) определяли укореняемость черенков изучаемых видов в условиях защищенного грунта в двух вариантах субстрата: песке и почвосмеси (перегной и садовая почва, 1:1). Черенки брали в трех повторностях (по 6 штук в каждой для *S. kamtzchaticum* f. *variegata* и по 12 штук для *S. floriferum* cv. *Weihenstephander Gold*), длиной по 5-7 см, с удаленными нижними листьями и цветоносами. Предварительной обработки черенков гуматами и замачивания их в дистиллированной воде не проводили. Перед высадкой в открытый грунт были определены укореняемость черенков и размеры

образованных корневых систем (максимальная длина корней в корневой системе и максимальное ее распространение в ширину).

Для стимулирования корнеобразования при вегетативном размножении вышеуказанных видов были выбраны малоизученные и сравнительно дешевые буроугольные гуматы аммония, разработанные в НИО "Нетопливное использование углей" Донецкого национального университета. Этот класс стимуляторов относится к стимуляторам-адаптогенам, которые оказывают комплексное влияние на растение: усиливают корнеобразование, рост и развитие в целом, повышают иммунитет и адаптационные свойства [6, 7, 15]. В качестве гуминовых стимуляторов-адаптогенов использовали четыре препарата на основе буроугольных гуматов аммония: ГК-А (исходный гумат аммония 1%-й) и ГК-5М-ТКС (гумат аммония 1%-й с добавлением меди, цинка, бора, молибдена, германия), ГК-5М-А (гумат аммония 1%-й с добавлением меди, цинка, бора, молибдена, кобальта), ГАМ-3-Ge (гумат аммония 3%-й с добавлением меди и германия).

Для изучения ризогенеза под действием водных растворов гуматов ГК-А; ГК-5М-ТКС; ГК-5М-А и ГАМ-3-Ge (концентрация 0,1% и экспозиции 0,5, 1,0 и 1,5 мин) на верхушечные черенки брали по 10 штук черенков в трех повторностях для каждого варианта опыта и укореняли в почвосмеси (перегной и садовая почва, 1:1) в условиях защищенного грунта. Для контроля черенки выдерживали в дистиллированной воде 1,5 минуты. Все цветоносы предварительно удаляли. Укоренение проводили с 8 июля 2005 года. В октябре определяли укореняемость черенков и размеры образованных корневых систем. Полученные результаты представлены в таблицах 1 и 2.

Результаты и обсуждение

При укоренении черенков *S. floriferum* cv. Weihenstephander Gold без предварительной обработки наилучшая укореняемость была в варианте с песком ($12,0 \pm 0,00$ штук), в почвосмеси – ниже ($10,7 \pm 0,7$ штук), при этом в песке было отмечено достоверное увеличение максимального распространения корневой системы в ширину. У *S. kamtzchaticum* f. *variegata* укореняемость в песке составила $6,0 \pm 0,0$ штук, в почвосмеси – $2,0 \pm 0,6$ (различия достоверны по третьему порогу достоверности t-критерия Стьюдента). На размеры образованных корневых систем у черенков данного вида варианты субстрата достоверно не повлияли [10].

Обработка черенков *S. floriferum* cv. Weihenstephander Gold изучаемыми гуматами в вышеуказанных концентрациях и экспозициях не оказала существенного влияния на их укореняемость и размеры образуемых корневых систем. Данные показатели достоверно не отличались от таковых в контроле.

При укоренении черенков *S. kamtzchaticum* f. *variegata* были выявлены следующие особенности. Достоверно меньшая укореняемость была у черенков *S. kamtzchaticum* f. *variegata*, обработанных ГК-А и ГК-5М-ТКС и ГК-5М-А (экспозиция 0,5 мин). В остальных вариантах опыта достоверных различий с контролем не было. Обработка черенков *S. kamtzchaticum* f. *variegata* гуматами ГК – А (все экспозиции) и ГК – 5М – ТКС (экспозиции 0,5 и 1,5 мин.) привела к образованию корневых систем с меньшей максимальной длиной корней в корневых системах, чем в контроле и при этом незначительно отразилась на их максимальной ширине. Достоверное уменьшение максимальной ширины корневых систем отмечено у черенков, обработанных ГАМ-3-Ge с экспозицией 0,5 мин.

Таблица 1

**Укореняемость черенков *S. kamtzhaticum* Fisch. f. *variegata* (Crassulaceae DC.)
под действием гуматов**

Гумат	Экспозиция, мин	Укоренившиеся черенки, шт., M±m	t-критерий Стьюдента
ГК-А	0,5	18,20±1,39	11,39***
	1,0	30,00±0,00	0,00
	1,5	30,00±0,00	0,00
ГК-5М-ТКС	0,5	24,40±0,81	6,91***
	1,0	29,80±0,20	1,00
	1,5	29,80±0,20	1,00
ГК-5М-А	0,5	24,00±0,55	18,18***
	1,0	29,80±0,20	1,00
	1,5	29,80±0,20	1,00
ГАМ-3-Ge	0,5	30,00±0,00	0,00
	1,0	30,00±0,00	0,00
	1,5	30,00±0,00	0,00
контроль		30,00±0,00	

Примечание. Разница достоверна при $P \geq 0,95$ (*), $P \geq 0,99$ (**), $P \geq 0,999$ (***);
M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего.

Таблица 2

**Влияние гуматов на размеры корневых систем черенков *S. kamtzhaticum* Fisch.
f. *variegata* (Crassulaceae DC.)**

Гумат	Экспозиция, мин	Максимальная ширина распространения корневых систем, см, M±m	t-критерий Стьюдента	Максимальная длина корней в корневых системах, см, M±m	t-критерий Стьюдента
ГК-А	0,5	3,80±1,71	1,33	4,20±1,80	2,70**
	1,0	7,40±0,51	1,56	5,40±1,08	2,89**
	1,5	6,40±0,24	0,32	6,20±0,86	7,39***
ГК-5М-ТКС	0,5	5,60±1,57	0,48	5,40±1,50	2,50*
	1,0	6,80±0,20	0,97	8,60±0,75	0,76
	1,5	6,60±0,51	0,52	7,20±0,86	2,02*
ГК-5М-А	0,5	4,80±1,46	0,89	8,00±2,30	0,96
	1,0	6,00±1,00	0,17	8,60±1,17	1,08
	1,5	6,00±0,50	0,25	8,60±0,68	1,26
ГАМ-3-Ge	0,5	4,60±0,24	2,54*	9,40±0,68	0,63
	1,0	5,40±0,68	0,89	10,40±1,21	0,06
	1,5	6,20±0,80	0,00	10,80±1,80	0,09
контроль		6,20±0,58		10,60±1,44	

Примечание. Разница достоверна при $P \geq 0,95$ (*), $P \geq 0,99$ (**), $P \geq 0,999$ (***);
M±m – среднее арифметическое ± ошибка среднего.

Выводы

Таким образом, при вегетативном размножении *S. floriferum* cv. Weihenstephander Gold и *S. kamtzchaticum* f. variegata, проводимом в начале июля, можно рекомендовать в качестве субстрата для укоренения черенков песок. В почвосмеси оба вида показали высокую укореняемость только при предварительном замачивании черенков в дистиллированной воде. *S. floriferum* cv. Weihenstephander Gold статистически нечувствителен к гуматам ГК-А, ГК-5М-ТКС, ГК-5М-А и ГАМ-3-Ge с концентрацией 0,1% и экспозициями 0,5, 1,0 и 1,5 минут. *S. kamtzchaticum* f. variegata к гуматам чувствителен: ГК-5М-ТКС и ГК-5М-А с концентрацией 0,1% и экспозицией 0,5 мин вызвали снижение укореняемости черенков, а при обработке черенков ГК-А (все экспозиции), ГК-5М-ТКС (экспозиция 0,5 мин), и ГАМ-3-Ge (0,1% × 0,5 мин) отмечено ингибирование роста корневых систем. То есть, для массового размножения методом черенкования *S. floriferum* cv. Weihenstephander Gold и *S. kamtzchaticum* f. variegata использование данных гуматов при вышеуказанных концентрациях и экспозициях в качестве стимуляторов корнеобразовательного процесса нецелесообразно, так как не дает достоверного повышения укореняемости и увеличения размеров образуемых корневых систем. Поскольку *S. kamtzchaticum* f. variegata проявил чувствительность к обработке черенков гуматами, можно предположить, что для стимулирования корнеобразования у данного вида необходимо подобрать другие концентрации и экспозиции, либо использовать гуматы, содержащие иные микроэлементы. По отношению к питательности субстрата указанные объекты являются олиготрофами, что подчеркивает их перспективность при реализации мероприятий по оптимизации почв, маслосодержащих доступные органические вещества.

Список литературы

1. Баканова В.В. О вегетативном размножении многолетних декоративных интродуцентов // Интродукция и акклиматизация растений. – 1986. – Вып. 5. – С. 42-46.
2. Березкіна В.І. Вегетативне розмноження очитків у культурі // Інтродукція та збереження рослинного різноманіття. – 1999. – Вип. 2. – С. 5-6.
3. Березкіна В.І. Перспективи використання представників роду *Sedum* L. для озеленення міст і рекреаційних зон // Мат. міжнар. конф., присвяченої 135-річчю Ботан. саду ОНУ ім. І.І. Мечникова "Роль ботанічних садів в зеленому будівництві міст, курортних та рекреаційних зон". – Одеса: Б.в., 2002. – Ч. I. – С. 14-17.
4. Борділовський Є.І. Рід очиток – *Sedum* L. // Флора УРСР. В 12 т. – К.: Вид-во АН УРСР, 1953. – Т. 5. – С. 445-467.
5. Борисова А.Г. Сем. Толстянковые – *Crassulaceae* DC. // Флора СССР. – Л.: Изд-во АН СССР, 1939. – Т. 9. – С. 8-129.
6. Ищенко А.В., Лесовая Н.И. Влияние гумата аммония на укоренение черенков декоративных культур / Донецк: Донецк. гос. ун-т, 1995. – 9 с. – Деп. в ГНТБ Украины 11.05.95, № 1168.
7. Ищенко А.В., Лесовая Н.И. Изучение эффективности применения гумата аммония как стимулятора роста и укоренения черенков хризантемы // Тез. докл. вузовской конф. проф.-преп. состава по итогам науч.-исслед. и метод. работы: химия, биология (г. Донецк, апрель 1995 г.). – Донецк: ДонГУ, 1995. – С. 157.
8. Лунина Н.М. Ускоренное вегетативное размножение декоративных многолетников // Тез. докл. Респ. науч. конф., посвященной 150-летию Ботсада им. акад. А.В. Фомина "Роль ботанических садов в охране и обогащении растительного мира". – К., 1989. – Т. 2. – С. 120.
9. Полетико О.М., Мищенко А.П. Декоративные травянистые растения открытого грунта: Справочник по номенклатуре родов и видов. – Л.: Наука, 1967. – 207 с.
10. Попова Л.В., Орлова Т.Г. Корнеобразовательная способность некоторых видов рода *Sedum* L. (*Crassulaceae* DC.) // Мат. наук.-практ. конф. "Збереження

- біорізноманітності на південному сході України". – Донецьк: Лебідь, 2004. – С. 136-137.
11. Сидорук Т.М. Опыт вегетативного размножения раннелетнецветущих почвопокровных растений // Интродукция и акклиматизация растений. – 1987. – Вып. 8. – С. 38-39.
 12. Сидорук Т.М. Морфогенез вегетативних органів у трав'янистих рослин при живцюванні // Мат. X Міжнар. наук. конф. "Вивчення онтогенезу рослин природних та культурних флор у ботанічних закладах Євразії". – Умань, 1998. – С. 149-150.
 13. Сидорук Т.М. Эффективные методы размножения некоторых почвопокровных растений // Мат. II Міжнар. наук. конф. молодих дослідників "Теоретичні та прикладні аспекти інтродукції рослин і зеленого будівництва" (м. Умань, 17–21 червня 2002 р.). – Умань, 2002. – 294 с.
 14. Сидорук Т.М. Очитки для озеленения // Интродукция растений. – 2003. – № 3. – С. 143-145.
 15. Соколова Е.В., Чиркова Л.В. Использование регуляторов роста растений в зеленом черенковании // Тр. Междунар. научн.-практ. конф. "Проблемы развития садоводства и овощеводства". – Ижевск, 2002. – С. 84-88.

Попова Л.В., Бутюгин А.В. Здатність до ризогенезу деяких видів роду *Sedum* L. (Crassulaceae DC.). – Наведено результати дослідів з вивчення ризогенезу 2-х видів роду *Sedum* L. (род. *Crassulaceae* DC.). Використовували два варіанти субстрату та попередню обробку живців дистильованою водою та гуматами амонію з додаванням мікроелементів (міді, цинку, бору, молібдену, кобальту, германію).

Ключові слова: живцювання, ризогенез, гумати, *Sedum* L., Crassulaceae DC.

Popova L.V., Butyugin A.V. Rhizogeny ability of some species of *Sedum* L. (Crassulaceae DC.). – The article gives results on rhizogeny research of 2 species of *Sedum* L. (Crassulaceae DC. famili). Two substrate variants were used. There was preliminary treatment of cuttings with both distilled water and ammonium humates with addition of microelements such as follows: copper, zinc, boron, molibdenum, cobalt, germanium.

Key words: take a cutting, rhizogenesis, humates, *Sedum* L., Crassulaceae DC.

С.И. Прохорова, А.З. Глухов
ФЕНОТИПИЧЕСКАЯ ПЛАСТИЧНОСТЬ *GYPSOPHILA PAULII* КЛОКОВ
В АНТРОПОГЕННО ТРАНСФОРМИРОВАННЫХ ЭКОТОПАХ
ЮГО-ВОСТОКА УКРАИНЫ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: s.prokh@mail.ru

Прохорова С.И., Глухов А.З. Фенотипическая пластичность *Gypsophila paulii* Клоков в антропогенно трансформированных экотопах юго-востока Украины. – Современный ареал *G. paulii* расширился под антропогенным влиянием на территорию Донецкого края, где вид отмечен преимущественно в техногенных местообитаниях. Исследовалась фенотипическая пластичность, морфологическая целостность, вариабельность и дивергентность вида в природной и синантропных популяциях на юго-востоке Украины. В наиболее антропогенно трансформированных экотопах наблюдается увеличение фенотипической пластичности растений и снижение морфологической интеграции популяций.

Ключевые слова: синантропизация, изменчивость, фенотипическая пластичность, морфологическая целостность.

Введение

Донецкая область относится к одному из наиболее техногенно загрязненных регионов Украины. Изменения растительного покрова под воздействием деятельности человека сводятся к полному истреблению растительности, замене естественной растительности на культурную и к целому комплексу явлений, которые объединяются понятием "синантропизация растительного покрова" [2]. В таких условиях оперативными, экономическими и достаточно объективными методами оценки состояния фитоценозов и ценопопуляций растений могут быть методы их фенотипической индикации. Средства фенотипической индикации ценопопуляций растений с использованием их морфологических признаков наиболее удобны для изучения [4].

Род качим (*Gypsophila* L.) насчитывает свыше 120 видов и является одним из сложных и недостаточно изученных таксонов семейства *Caryophyllaceae* Juss. Вопросам систематики рода посвящены работы многих исследователей. Имеющиеся в литературе данные о видовом составе качимов флоры Украины и их распространении весьма противоречивы. В настоящее время отсутствует единое мнение о таксономическом статусе некоторых видов качимов и структуре этого рода [10]. Нами выбран для изучения синантропный вид *Gypsophila paulii* (Клоков, 1948), который М.В. Клоковым описан из окрестностей г. Николаева как южнопонтический литоральный эндем, отличающийся от сходного вида *G. perfoliata* полным отсутствием опушения, острыми листьями и немного большими чашечками [5]. О.Н. Царенко, основываясь на данных критико-систематического анализа *G. paulii* и *G. perfoliata*, относит *G. paulii* к разновидности *G. perfoliata* (*G. perfoliata* var. *glabra* (Fenzl) Tsarenko comb. nov.) [11]. Мы рассматриваем *G. paulii* как отдельный вид, согласно "Экофлоре Украины" [3].

Современный ареал *G. paulii* расширился под антропогенным влиянием в пределы Донецкого края, где вид отмечен преимущественно в техногенных местообитаниях. Благодаря высокой жизненности и значительным ценотическим возможностям *G. paulii* выступает как пионер и эдификатор при зарастании первичных экотопов антропогенного происхождения [1, 8, 9].

Материал и методы исследований

Исследовалась выборка *G. paulii* с побережья Азовского моря (природный экотоп), а также выборки с антропогенно трансформированных, синантропных экотопов: обочина автодороги, пустырь, железнодорожные пути, территория металлургического завода, угольные и шлаковый отвалы (табл. 1). На территории изученных местообитаний растения не подвергались механическому воздействию (вытаптывание, скашивание и т.д.).

**Сравнительная характеристика морфологических коэффициентов *G. paulii*
в исследованных экотопах**

№	Местонахождение, экотоп	Im, %	КД	Ip	CV, %	Тип антропогенной трансформации	
1.	Региональный ландшафтный парк (РЛП) "Меотида", побережье Азовского моря	9,09	0	0	23,61	Охраняемые территории	
2.	г. Донецк, Буденовский район, на обочине автодороги	12,72	2,50	-0,158	13,72	Экотопы населенных пунктов. Обочины автодорог	
3.	г. Донецк, Ленинский район, ул. И. Ткаченко, на пустыре, недалеко от металлургического завода, у автодороги	10,91	4,96	-0,016	21,44		
4.	Донецкая область, Амвросиевский район, железнодорожная (ЖД) станция "Кутейниково", на железнодорожных путях	9,09	1,54	-0,126	7,94	Железнодорожные насыпи	
5.	г. Донецк, Киевский район, ЖД вокзал, станция "Донецк", на путях	3,64	2,93	-0,111	16,55		
6.	г. Донецк, металлургический завод (ДМЗ). У доменного цеха, на ЖД путях	3,64	2,80	0,006	22,53		
7.	г. Донецк, угольный отвал шахты "Заперевальная 2"	9,09	2,97	-0,153	20,71	Отвалы угольных шахт	Техногенные экотопы
8.	г. Донецк, угольный отвал шахты им. М. Горького	9,09	2,55	0,180	24,52		
9.	г. Донецк, шлаковые отвалы ДМЗ	1,82	6,92	0,076	21,01	Отвалы промышленных предприятий	

Примечание. Im – индекс морфологической целостности; КД – коэффициент дивергенции; Ip – индекс фитоценотической пластичности; CV – коэффициент вариации.

Были изучены следующие морфологические признаки: высота растения; количество побегов; количество мономеров на побеге; длина среднего мономера; длина стеблевого листа; ширина стеблевого листа; расположение наиболее широкой части листа; длина цветоножки; высота плода (коробочка); ширина плода; количество семян в коробочке.

Для оценки уровня взаимообусловленности в системе морфометрических признаков, которые отражают виталитет особей, был рассчитан индекс морфологической целостности

Ю.А. Злобина (I_m), который выражается в виде отношения количества статистически существенных связей ($P < 0,05\%$) в корреляционной матрице к их общему количеству и позволяет оценивать целостность особей по экологическим и ценотическим градиентам [5]. Для характеристики степени изменчивости признаков в популяциях рассчитывали коэффициент вариации (CV) [6, 12]. Фенотипическую пластичность морфометрических параметров изучали при помощи индекса фитоценотической пластичности (I_p), предложенного Ю.А. Злобиным, который выражается в виде отношения разности значений морфопараметров в благоприятных и неблагоприятных условиях к значению морфометрического параметра в благоприятных экологических условиях [7]. По Ю.А. Злобину, пластичность представляет собой обратимые, адаптивные изменения средних значений параметров (структур и функций), а индекс характеризует статус особей при смене условий обитания [4]. Для изучения степени расхождения выборок был рассчитан коэффициент дивергенции признаков (КД), предложенный С.Р. Царапкиным [12]. В качестве стандарта для вычисления индекса пластичности и КД брали нативную популяцию из регионального ландшафтного парка "Меотида", как наименее подверженного антропогенному воздействию местообитания.

Результаты и обсуждение

Анализ полученных данных свидетельствует о слабом (менее 10%) и среднем (11-25%) уровне варибельности *G. paulii* [4], что можно объяснить сравнительно коротким временем произрастания вида в техногенных условиях. По уменьшению коэффициента вариации популяции выстраиваются в следующий ряд: угольный отвал шахты им. Горького > РЛП "Меотида" > ДМЗ > пустырь > угольный отвал шахты "Заперевальная" > шлаковый отвал ДМЗ > ЖД станция "Донецк" > обочина автодороги > ЖД станция "Кутейниково".

Наибольшая морфологическая целостность наблюдается в экотопах населенных пунктов, в которых антропогенное воздействие сводилось в основном к загрязнению от выхлопов автомобилей, наименьшая – в экотопах с интенсивной и постоянной антропогенной нагрузкой – на шлаковых отвалах и территории ДМЗ, а также на железнодорожных насыпях станции "Донецк". В остальных местообитаниях, как на охраняемой территории, так и на отвалах угольных шахт, индекс морфологической целостности имеет средние значения (9,09%), что свидетельствует о сочетании в стратегии выживания вида защитной и стрессовой составляющих.

Наиболее дивергентны крайние популяции – природная и синантропная (шлаковый отвал ДМЗ).

Индекс пластичности имеет отрицательные значения в популяциях, произраставших на обочине дороги, пустыре, железнодорожных путях и отвале шахты им. Горького, что говорит о том, что средние значения большинства признаков у растений из данных экотопов превышают таковые у растений из природной популяции. В популяциях техногенных экотопов (доменного цеха и шлаковых отвалов ДМЗ, угольного отвала шахты "Заперевальная") индекс имеет положительные значения, следовательно, статус особей в данных популяциях хуже, чем в природной. На угольном отвале шахты "Заперевальная 2", где процессы горения прекращены, растения развиты лучше, чем на отвале шахты им. Горького, где эксплуатация и процессы горения продолжаются (табл. 2).

По высоте растения из всех местообитаний, кроме железнодорожных путей (станция "Кутейниково") и угольного отвала шахты "Заперевальная", достоверно превышали растения, собранные в РЛП "Меотида". Среднее количество мономеров у растений всех экотопов, кроме произраставших на пустыре имели меньшие значения, при уровне достоверности $p < 0,001$. Длина среднего мономера у особей угольных отвалов и территории ДМЗ меньше, чем у растений нативной популяции.

Средние значения морфологических признаков *G. paulii* в исследованных экотопах

Признак	Исследованные экотопы								
	1. РЛП "Меотида"	2. Обочина автодороги	3. Пустырь	4. ЖД станция "Кутейниково"	5. ЖД станция "Донецк"	6. ДМЗ	7. Отвал ш. им. Горького	8. Отвал ш. "Заперевальная"	9. Отвал ДМЗ
A	74,23	87,72*	115,28**	69,54	95,7***	54,88***	133,18***	66,58	94,33***
B	6,50	11*	8,17	15,2*	13,33*	7,00	13,80	8,14	6,30
C	117,00	41,2***	127,83	68,8***	55,67***	45,6***	48,6***	48,57***	76,7***
D	3,35	3,88	4,10	2,56	3,02	2,2*	5,2**	2,23*	2,74
E	6,40	8,06*	5,78	8,16*	7,60	6,96	8,02*	4,66*	5,50
F	2,32	2,86	2,01	3,16	3,10	2,92	2,88	1,94	2,37
G	3,10	4,58*	2,95	4,02	3,48	3,58	3,06	2,37	3,08
H	0,87	1,16	0,85	0,72	0,90	1,40	0,62	0,92	0,85
I	0,39	0,42*	0,28***	0,4**	0,38	0,40	0,34*	0,29***	0,29***
J	0,35	0,34**	0,28	0,31	0,32	0,34	0,3*	0,27***	0,3**
K	9,40	9,80	8,12	10,40	9,00	9,20	8,60	8,43	9,60

Примечания:

1) вероятность ошибки: * – < 0,05%; ** – < 0,01%; *** – < 0,001%;

2) A – высота растения; B – количество побегов; C – количество мономеров на побеге; D – длина среднего мономера; E – длина стеблевого листа; F – ширина стеблевого листа; G – расположение наиболее широкой части листа; H – длина цветоножки; I – высота плода (коробочка); J – ширина плода; K – количество семян в коробочке.

Было определено, что длина стеблевого листа растений превышала стандартное значение признака у растений в популяциях на обочине дороги, железнодорожных путях (станция "Кутейниково") и угольном отвале шахты им. Горького, у растений, собранных на отвале шахты "Заперевальная", значение данного признака, наоборот, меньше стандартного. Тогда как признаки ширины стеблевого листа, длины цветоножки и количества семян в коробочке ни в одном местообитании достоверно не отличались от их значений у растений из нативной популяции. Изученные генеративные признаки высоты и ширины коробочки у растений синантропных популяций на отвалах – достоверно меньше данных морфологических признаков у растений природной популяции.

Инициальные синантропные популяции местного *G. paulii* являются генетически обедненными, что обуславливается их адвентивным происхождением от заноса нескольких диаспор из природных местообитаний. Определенная довольно высокая фенотипическая пластичность вида в местообитаниях с сильной антропогенной нагрузкой, очевидно, позволяет растениям вида приспосабливаться к стрессовым условиям путем адаптивных изменений морфологических параметров.

Выводы

1. В целом для *G. paulii* характерен низкий и средний уровень вариабельности.
2. В наиболее антропогенно трансформированных экотопах (доменный цех и шлаковые отвалы ДМЗ, угольный отвал шахты "Заперевальная") наблюдается увеличение фенотипической пластичности растений.
3. Наиболее дивергентны природная популяция и синантропная популяция шлакового отвала.
4. В антропогенно трансформированных экотопах наблюдается тенденция возрастания морфологической интеграции растений, а с дальнейшим усилением антропогенного

воздействия – её снижение, что является показателем сочетания в стратегии выживания *G. paulii* защитной и стрессовой составляющих.

5. С увеличением антропогенного воздействия у растений изученных популяций *G. paulii* достоверно уменьшаются значения как вегетативных признаков (количество мономеров на побеге и длина среднего мономера), так и генеративных (высота и ширина коробочки).

Список литературы

1. Бурда Р.І., Остапко В.М., Тохтар В.К. Мінливість синантропних популяцій рослин. – Донецьк: Б. в., 1997. – 91 с.
2. Глухов А.З., Хархота А.И. Растения в антропогенно трансформированной среде // Промышленная ботаника. – 2001. – № 1. – С. 5-10.
3. Екофлора України / М.М. Федорончук, Я.П. Дідух та ін. – К: Фітосоціоцентр, 2002. – Т. 3. – С. 362-363.
4. Злобин Ю.А. Принципы и методы изучения ценологических популяций растений. – Казань: Изд-во Казан. ун-та, 1989. – 148 с.
5. Клоков М.В. Нові матеріали до пізнання Української флори. III. Нові види з родин гвоздичних, гречкових і хрестоцвітих // Ботан. журн. – 1948. – Т. 5, № 1. – С. 20-28
6. Лакін Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов – 4-е изд., перераб. и доп. – М: Высш. шк., 1990. – 352 с.
7. Миркин Б.М., Розенберг Г.С., Наумова Л.Г. Словарь понятий и терминов современной фитоценологии. – М.: Наука, 1989. – 223 с.
8. Хархота Г.І., Дмитренко П.П. Види роду *Gypsophila* L. в техногенних ландшафтах Донбасу // Тез. докл. VI з'їзду Укр. ботан. т-ва. – К.: Наук. думка, 1977. – С. 263.
9. Хархота Г.І., Дмитренко П.П. Поширення *Gypsophila paulii* Клок. на територіях металургійних заводів Донбасу та Придніпров'я // Укр. бот. журн. – 1976. – Т. 33, № 4. – С. 391-392.
10. Царенко О.М. Критико-систематичний огляд видів роду *Gypsophila* L. (Caryophyllaceae Juss.) флори України // Укр. бот. журн. – 1998. – Т. 55, № 6. – С. 634-638.
11. Царенко О.М. Род *Gypsophila* L. во флорі України. Критико-систематическое и биоморфологическое исследование видов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.05 / Днепропетровский гос. ун-т. – Днепропетровск, 1990. – 14 с.
12. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1984. – 288 с.

Прохорова С.І., Глухов О.З. Фенотипічна пластичність *Gypsophila paulii* Klokov в антропогенно трансформованих екоотопах південного сходу України. – Сучасний ареал *G. paulii* розширився під антропогенним впливом на територію Донецького кряжа, де вид відмічено переважно в техногенних місцезростаннях. Досліджувалась фенотипічна пластичність, морфологічна цілісність, варіабельність та дивергентність виду в природній та синантропних популяціях на південному сході України. В найбільш антропогенно трансформованих екоотопах спостерігається збільшення фенотипічної пластичності рослин та зниження морфологічної інтеграції популяцій.

Ключові слова: синантропізація, мінливість, фенотипічна пластичність, морфологічна цілісність.

Prokhorova S.I., Glukhov A.Z. Phenotypic flexibility of *Gypsophila paulii* Klokov in anthropogenically transformed ecotopes at the Southeast Ukraine. – Modern natural habitat of the *G. paulii* is now broadened onto Donetsk Ridge area under man-made impact, this species becoming evident mainly in man-caused sites. The phenotypic flexibility, morphological integrity, variability, and divergence of the species in natural and synanthropic populations of the Southeast Ukraine were studied. Most anthropogenically transformed ecotopes are characterized by enhanced phenotypic flexibility of individual plants and reduced morphological integrity of populations.

Key words: anthropogenic impact, variability, phenotypic flexibility, morphological integrity.

А.Ю. Пугачева
АНАТОМИЧЕСКОЕ СТРОЕНИЕ ЛИСТА НЕКОТОРЫХ СОРТОВ
***LILIUM HYBRIDA* HORT.**

Донецкий ботанический сад НАН Украины; 83059, г. Донецк, пр-т Ильича, 110
e-mail: herb@herb.dn.ua

Пугачева А.Ю. Анатомическое строение листа некоторых сортов *Lilium hybrida* Hort. – Изучено анатомическое строение листа 15 сортов гибридных лилий, отнесенных по физиологическим показателям к различным группам засухоустойчивости. Установлено, что анатомическое строение листовых пластинок подтверждает распределение Азиатских, Трубочатых и Орлеанских гибридов, Восточных гибридов по группам засухоустойчивости, полученное при изучении физиологических показателей. Особенности строения листовой пластинки изученных ЛА гибридов не позволяют отнести их к группе засухоустойчивых сортов.

Ключевые слова: гибридные лилии, засухоустойчивость, анатомическое строение листа.

Введение

Важной задачей цветоводства является постоянное расширение ассортимента цветочно-декоративных растений для создания цветников различного функционального назначения, которые являются неотъемлемой частью современного городского озеленения. Степень устойчивости растений к высоким температурам и дефициту почвенной и атмосферной влаги у многих видов растений имеет решающее значение при выращивании их в новых эколого-климатических условиях при интродукции.

Структура листа в целом и отдельных его тканей очень пластична и обнаруживает большую зависимость от экологических условий и в наибольшей степени – от уровня водоснабжения и освещения [1]. Анатомическое строение листьев лилий является дополнительным диагностическим признаком и говорит об экологических условиях произрастания вида. У лилий, растущих в природе в условиях достаточной влажности (л. кудреватая, л. двурядная, л. Хансона), листья крупные, тонкие, обычно голые; ткань листьев состоит из небольшого числа слоев крупных клеток с большими межклетниками. Палисадная ткань одно-двухслойная с верхней стороны листа. Устьица расположены только на нижней стороне листа, их число невелико – 5-12 шт/мм². Лилии из засушливых местообитаний (л. карликовая, л. одноцветная, л. белоснежная, л. помпонная) имеют мелкие, покрыты восковым налетом или опушенные листья. Палисадная ткань листа у этих видов расположена на верхней и нижней его стороне. Клетки ткани прямоугольные, сильно вытянутые; межклетники небольшие. Устьица присутствуют как на нижней, так и на верхней эпидерме; число их значительно больше – 25-40 шт/мм² [2].

Материалы и методы исследований

Проведен сравнительный анализ анатомических структур листьев 15 гибридных лилий, отнесенных по физиологическим показателям к различным группам засухоустойчивости (Азиатские гибриды с низкими показателями засухоустойчивости – "Sweet surraunder", "Розовая Чайка", "Виринея"; с высокими показателями засухоустойчивости – "Lollypop", "Fata Morgana", "Monte Negro"; Трубочатые и Орлеанские гибриды со средними ("Bright Star") и высокими ("Golden Splendor", "Royal Gold", "African Queen") показателями засухоустойчивости; Восточные ("Siberia", "Sorbonne") и ЛА гибриды ("Ercolano", "Fangio", "Dani Arifin") с высокими показателями засухоустойчивости) [3].

Для анатомических исследований срезы готовили со свежих листьев с помощью лезвия. Для исследования использовали микроскоп Ergaval. Изучение анатомии листа проводили на срезах средней части пластинки листа. Измерения проводили на равном расстоянии от края листа и главной жилки [4].

При оценке признаков строения листа учитывали: толщину кутикулы и эпидермиса на верхней и нижней сторонах листа, число слоев и толщину столбчатого мезофилла, толщину губчатого мезофита, общую толщину листовой пластинки. Для характеристики

анатомического строения абаксиального и адаксиального эпидермиса листа изучали: очертание и проекцию эпидермальных клеток, размеры эпидермальных клеток и устьиц, форму устьиц, количество этих элементов на 1 мм², количество околоустьичных клеток, тип устьичного аппарата. Для характеристики очертаний и проекций эпидермальных клеток использовали классификацию С.Ф. Захаревича [5]. Для характеристики устьичного аппарата использована морфологическая классификация М.А. Барановой [6]. Эти признаки адаптивные и позволяют судить о принадлежности к той или иной экологической группе [1, 7]. Для ксероморфных листьев характерна большая толщина листовой пластинки и палисадного мезофилла, в частности, увеличение кутикулы, меньшая площадь эпидермальных клеток, большее число устьиц и меньшими их размерами [1, 8]. Исследования В.К. Василевской [9, 10] показывают, что, у настоящих ксерофитов количество устьиц часто небольшое, а уменьшение клеток эпидермиса и увеличение количества устьиц является положительной приспособительной реакцией мезофитов в условиях слабого водоснабжения. Результаты 20-кратных измерений и подсчетов обрабатывали методом математической статистики с применением прикладных программ на ПЭВМ [11].

Результаты и обсуждение

Кутикула непрерывно покрывает эпидермис с верхней и нижней сторон. Верхняя кутикула у всех исследованных сортов толще нижней (табл. 1).

Таблица 1

Анатомическое строение листа некоторых сортов *Lilium hybrida* Hort.

Сорт	h кутикулы верхнего эпидермиса	h клетки верхнего эпидермиса	h столбчатого мезофилла	h губчатого мезофилла	h клетки нижнего эпидермиса	h кутикулы нижнего эпидермиса	Толщина листовой пластинки
	M±m, мкм						
Трубчатые и Орлеанские гибриды							
"African Queen"	10,36±0,59	30,99±2,24	90,40±5,42	126,24±6,92	25,48±1,71	7,96±0,49	284,32±7,25
"Royal Gold"	9,74±0,41	35,62±2,19	77,82±1,93 *	107,03±5,10 *	28,77±1,82	8,58±0,62	267,56±5,23
"Golden Splendor"	10,18±0,52	24,63±1,98 *	88,67±3,06	217,66±4,44 ***	27,84±1,17	8,28±0,62	382,73±6,20 ***
"Bright Star"	9,83±0,74	34,51±2,03	76,08±2,70 *	196,19±5,72 ***	34,86±1,35 ***	8,58±0,50	357,91±3,95 ***
Восточные гибриды							
"Siberia"	8,80±0,49	40,46±2,04 **	82,09±2,79	127,31±4,12	30,86±1,23 *	7,87±0,54	297,35±4,52
"Sorbonna"	9,67±0,43	40,58±1,51 **	88,60±4,37	146,85±3,86 *	28,90±2,00	6,00±0,41	318,21±3,69 **
Азиатские гибриды							
"Вириная"	9,34±0,71	40,11±2,63 *	121,97±4,30 ***	225,49±8,33 ***	29,04±2,02	6,89±0,55	435,0±14,15 ***
"Розовая Чайка"	8,58±1,03 *	36,95±2,61	99,83±3,10	265,20±5,85 ***	51,91±2,81	5,56±0,32 ***	440,78±9,27 ***
"Lollypop"	11,34±1,16	48,47±3,73 ***	158,97±8,47 ***	299,21±14,0 ***	39,69±3,11 ***	9,06±0,69	565,39±12,10 ***
"Fata Morgana"	13,21±1,25	49,94±2,50 ***	102,51±4,95	265,26±7,10 ***	54,49±2,30 ***	8,09±0,42	492,70±5,45 ***
"Monte Negro"	11,61±0,95	45,71±2,56 ***	114,15±2,2 ***	188,63±5,79 ***	33,48±2,9 *	8,95±0,29	404,92±9,99 ***

Сорт	h кутикулы верхнего эпидермиса	h клетки верхнего эпидермиса	h столбчатого мезофилла	h губчатого мезофилла	h клетки нижнего эпидермиса	h кутикулы нижнего эпидермиса	Толщина листовой пластинки
	M±m, мкм						
"Sweet surraunder"	8,79±0,63	41,11±3,85 *	104,23±7,54	167,54±8,45 ***	22,19±2,59	7,22±0,92	341,32±9,76 ***
ЛА гибриды							
"Dani Arifin"	8,74±0,84	42,02±4,56 *	99,92±7,22	219,1±10,76 ***	32,55±3,21 *	5,27±0,60 **	413,54±10,49 ***
"Ercolano"	10,67±0,58	74,57±3,19 ***	196,28±6,8 ***	194,81±7,67 ***	40,95±1,26 ***	7,47±0,53	526,44±8,38 ***
"Fangio"	12,34±1,11	41,75±4,63 *	71,70±3,71 *	214,17±11,2 ***	31,28±1,57 *	7,80±0,61	377,99±11,82 ***

Примечание. Различия достоверны при $P \geq 0,95$ (*), $P \geq 0,99$ (**), $P \geq 0,999$ (***); $M \pm m$ – среднее арифметическое значение параметра \pm ошибка.

Образование наиболее толстой кутикулы на верхней поверхности листовой пластинки отмечено у сортов "Fata Morgana" и "Fangio", на нижней – "Lollypop", "Monte Negro". Тонкая кутикула с двух сторон отмечена у Азиатских гибридов с низкими физиологическими показателями засухоустойчивости и ЛА гибрида "Dani Arifin", с верхней – "Siberia", с нижней – "Sorbonne".

Эпидермис однослойный, состоит из плотно сомкнутых удлинённых клеток. Для эпидермиса Азиатских и ЛА гибридов характерно наличие более или менее выраженных пузыревидных клеток, расположенных главным образом над крупными жилками и по краям листовой пластинки. Клетки верхнего эпителия имеют очертания оболочек: прямолинейные у Трубчатых гибридов и Азиатских гибридов с низкими показателями засухоустойчивости – "Sweet surraunder", "Розовая Чайка", "Виринея" и у устойчивого "Fata Morgana", ЛА гибридов "Ercolano" и "Dani Arifin"; волнистые у "Fangio", Азиатских гибридов "Lollypop", "Monte Negro"; комбинированные у Восточных и Орлеанских гибридов. Проекция площади прямоугольная. Клетки нижнего эпителия имеют очертания оболочек прямолинейные у Азиатских гибридов с низкими показателями засухоустойчивости, "Monte Negro", "African Queen", "Dani Arifin"; волнистые у ЛА гибридов "Lollypop", "Fata Morgana", "Royal Gold", Восточных гибридов, комбинированные у "Golden Splendor" и глубоко неравномерно извилистые у "Bright Star". Как видно из данных, приведенных в таблице 2, клетки верхнего эпидермиса у всех исследованных сортов крупнее клеток нижнего эпидермиса, что характерно для однодольных в целом. Самые мелкие клетки верхнего и нижнего эпидермисов отмечены у сорта "Royal Gold", самые крупные эпидермальные клетки у сортов "Fangio" и "Розовая Чайка".

У всех исследованных сортов устьица без сопровождающих клеток расположены только на нижней стороне листа, ориентированы параллельно жилкам и отсутствуют над ними. Устьица крупные и овальные, находятся на одном уровне с эпидермальными клетками. Наиболее распространенным типом устьиц, преобладающим у всех изученных сортов, являются тетрацитный. Устьица имеют четыре околоустьичных клетки морфологически не отличающиеся от эпителиальных. У сортов "Royal Gold", "Bright Star", "Siberia", "Sorbonne", "Lollypop" также наблюдались единичные отклонения – образование аномоцитных устьиц с неопределённым количеством (от 2 до 6) побочных клеток.

Число клеток и устьиц на 1 мм^2 и их размеры у исследованных сортов колеблются в широких пределах. Наибольшее количество устьиц отмечено у сортов "Royal Gold", "Sorbonne"; наименьшее – "Розовая Чайка", "Dani Arifin". Самые мелкие устьица отмечены у сортов "Sorbonne", "Monte Negro"; наибольшие – "Розовая Чайка", "Fangio".

Строение эпидермиса некоторых сортов *Lilium hybrida* Hort.

Сорт	Клетки верхнего эпидермиса		Клетки нижнего эпидермиса		Устьица		
	Длина, мкм	Ширина, мкм	Длина, мкм	Ширина, мкм	Кол-во в мм ² , шт	Длина, мкм	Ширина, мкм
	M±m						
Трубчатые и Орлеанские гибриды							
"African Queen"	330,83±20,49	52,56±2,40	249,25±16,95	38,95±1,61	44,15±0,80	86,84±1,29	55,94±1,25
"Bright Star"	297,38±14,80	62,56±2,77 *	187,01±17,63 *	51,15±5,36	42,80±1,44	84,34±2,01	49,32±3,17
"Golden Splendor"	244,40±25,18 *	48,07±3,41	189,16±14,98 *	40,11±1,47	44,15±1,93	83,91±1,03	59,45±1,57
"Royal Gold"	176,98±7,66 ***	39,98±2,10 ***	187,07±22,00 *	36,89±2,23	57,69±1,51 ***	74,79±1,37 ***	57,52±4,27
Восточные гибриды							
"Siberia"	230,38±13,74 ***	51,23±3,07	222,73±29,68	54,29±3,37 ***	44,11±1,17	73,24±1,53 ***	59,32±5,22
Sorbonna"	243,59±10,68 **	51,58±2,29	177,22±18,65 **	41,35±1,94	63,93±1,68 ***	67,10±1,68 ***	51,36±1,24 *
Азиатские гибриды							
Вириная"	426,06±22,97 **	67,23±1,79 ***	378,14±25,46 ***	54,56±2,74 ***	30,81±0,53 ***	112,18±1,5 ***	60,03±1,66
"Розовая Чайка"	541,47±28,73 ***	57,79±1,97	414,79±61,07 **	49,36±1,70 ***	26,16±0,51 ***	117,6±1,42 ***	59,59±1,38
"Fata Morgana"	425,25±14,11 ***	68,23±2,21 ***	266,97±19,79	52,53±1,79 ***	30,53±0,96 *	95,88±1,27 ***	55,33±1,32
Lollypop"	370,27±16,04	65,86±3,66 **	248,70±21,33	51,45±1,23 ***	39,39±0,61 ***	93,74±4,42	47,98±3,80
"Monte Negro"	405,98±18,82 **	61,86±2,37 **	360,31±17,48 ***	42,02±2,90	40,12±1,34 *	78,0±13,58	47,94±3,03 *
"Sweet urraunder"	513,92±32,63 ***	62,73±2,56 **	306,35±25,10	47,99±1,84 **	37,22±1,36	86,08±1,29	58,40±0,88
ЛА гибриды							
Ercolano"	511,72±36,15 ***	70,30±3,31 ***	324,56±26,19 *	63,77±6,91 **	23,99±0,51 ***	108,15±1,9 ***	65,99±1,17 ***
"Fangio"	543,15±34,52 ***	85,33±6,81 ***	495,15±37,52 ***	48,90±2,60 **	27,25±1,02 **	165,73±31,5 *	58,16±,18
"Dani Arifin"	893,78±112,0 ***	85,34±3,40 ***	680,60±70,04 ***	48,16±8,84 *	20,68±0,72 ***	118,30±2,7 ***	63,43±1,17 ***

Примечание. Различия достоверны при $P \geq 0,95$ (*), $P \geq 0,99$ (**), $P \geq 0,999$ (***); $M \pm m$ – среднее арифметическое значение параметра \pm ошибка.

Мезофил дифференцирован на палисадную и губчатую паренхиму. У всех изученных сортов листья дорсовентрального типа. У большинства исследованных сортов лилий палисадный мезофил состоит из одного слоя перпендикулярно ориентированных к поверхности листовой пластинки удлиненных клеток. У сортов "Sorbonne", "Lollypop", "Ercolano" палисадный мезофил двухслойный. Клетки внутреннего ряда значительно более короткие, к краям листовой пластинки теряют типичную форму и переходят в губчатый мезофил. У сорта "Fata Morgana" наблюдается образование второго слоя только

непосредственно возле центральной жилки. У всех исследованных сортов, за исключением сорта "Ercolano", более развит губчатый мезофил. Большая толщина палисадного мезофила характерна для сортов "Ercolano", "Lollypop", "Fata Morgana", "Monte Negro", "Sweet surraunder", "Виринея". Однако соотношение столбчатого и губчатого мезофила сорта "Fata Morgana" одно из самых низких. Тонкие листовые пластинки со слабо развитым столбчатым мезофилом (по сравнению с губчатым) имеют сорта "Bright Star", "Golden Splendor", "Розовая Чайка". Сорта же "Royal Gold", "African Queen", имеющие тонкие листовые пластинки, характеризуются соотношением столбчатого к губчатому мезофилу 0,73 и 0,72. Губчатый мезофил состоит из рыхло расположенных клеток, округлых или вытянутых по ширине листовой пластинки. Их размеры сильно варьируют.

Проводящие пучки коллатеральные, закрытые. Центральная жилка наиболее крупная, на поперечном срезе овальная, окружена паренхимой. На нижней стороне листа паренхимные клетки образуют рельефное ребро различной формы. У большинства изученных сортов над центральной жилкой более или менее выраженная ложбинка. У Восточных гибридов с адаксиальной стороны также развивается заметное ребро (рис. 1).

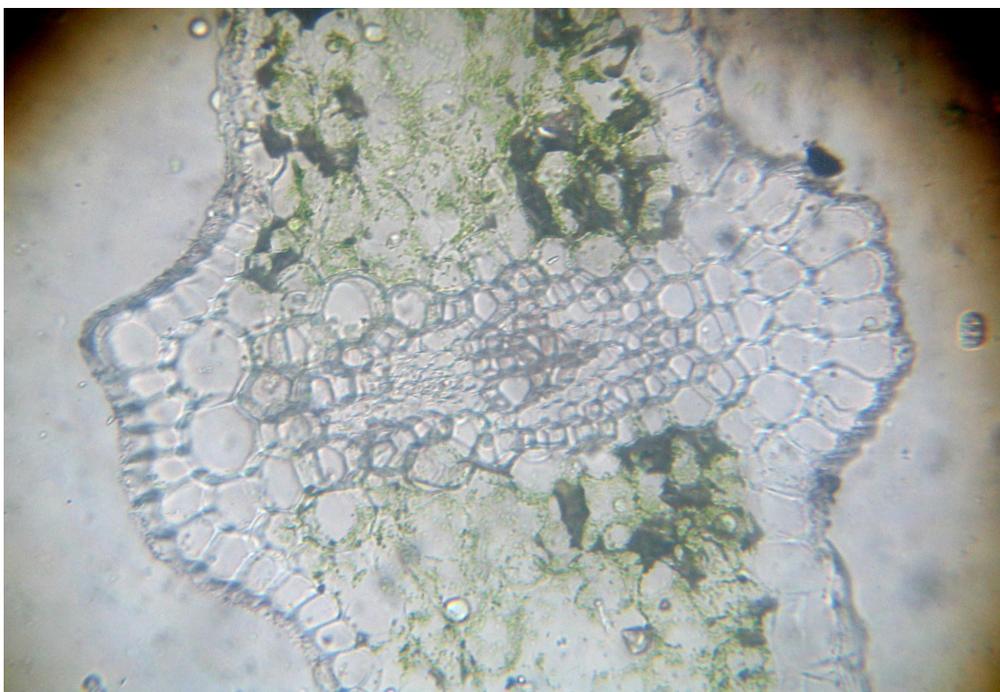


Рис. 1. Анатомическое строение листа *Lilium hybrida* Hort. (центральная жилка сорт "Siberia")

Более мелкие боковые жилки округлой формы, паренхимная обкладка менее развита или отсутствует. Мелкие жилки проходят непосредственно под слоем столбчатого мезофила.

Можно отметить, что анатомическое строение исследуемых сортов имеет признаки характерные как для мезоморфных, так и для ксероморфных видов лилий. Характерные для мезофитных видов дорсовентральность листовой пластинки и отсутствие устьиц на абаксиальной поверхности компенсируется большим количеством устьиц, хорошо выраженной кутикулой, прямоугольными, сильно вытянутыми клетками столбчатого мезофила, двумя слоями палисадной ткани некоторых сортов, небольшими межклетниками. Таким образом, изученные сорта лилий можно отнести к мезофитам, попавшим в ксерофитные условия обитания.

При сравнительном анализе был выделен сорт "African Queen" как гибрид, обладающий наибольшим количеством ксероморфных признаков. Данный сорт был взят в качестве условного контроля.

В результате оценки анатомических показателей засухоустойчивости все изученные сорта были объединены в три условные группы. К первой группе сортов, обладающих наибольшими признаками ксероморфизма, были отнесены Трубочатые гибриды "Golden Splendor", "Royal Gold", "African Queen", Восточный гибрид "Sorbonne" и сорта "Monte Negro", "Lollypop" (Азиатские гибриды). Во вторую группу сортов (со средними показателями ксероморфизма) были отнесены Азиатский гибрид "Fata Morgana", Восточный гибрид "Siberia" и Орлеанский гибрид "Bright Star". К третьей группе сортов (с низкими показателями ксероморфизма) отнесены Азиатские гибриды "Sweet surraunder", "Розовая Чайка", "Виринея" и изученные ЛА гибриды ("Egcolano", "Fangio", "Dani Arifin").

Выводы

Таким образом, анатомическое строение листовых пластинок подтверждает распределение Азиатских, Трубочатых и Орлеанских гибридов, Восточных гибридов по группам засухоустойчивости, полученное при изучении физиологических показателей. Особенности строения листовой пластинки изученных ЛА гибридов не позволяют отнести их к группе засухоустойчивых сортов.

Список литературы

1. *Раскатов П.Б.* Экологическая анатомия вегетативных органов деревьев и кустарников. – Воронеж: Изд-во ВГУ, 1979. – 180 с.
2. *Баранова М.В.* Лилии. – Л.: Агропромиздат, 1990. – 384 с.
3. *Пугачева А.Ю.* Определение водоудерживающей способности гибридных лилий, как признака засухоустойчивости // Мат. V Междунар. научн. конф. "Цветоводство без границ" (г. Харьков, 17-20 июля 2006 г.). – Харьков: ХНУ, 2006. – С. 137-139.
4. *Фурст Г.Г.* Методы анатомо-гистохимического исследования растительных тканей. – М.: Наука, 1979. – 115 с.
5. *Захаревич С.Ф.* К методике описания эпидермиса листа // Вестн. Ленинград. ун-та. – 1954. – № 4. – С. 65-75.
6. *Баранова М.А.* Классификация морфологических типов устьиц // Ботан. журн. – 1985. – Т. 70, № 12. – С. 1585-1595.
7. *Келлер Б.А.* Динамическая экология // Сов. ботаника. – 1935. – № 5.
8. *Николаевский В.С.* Биологические основы газоустойчивости растений. – Новосибирск: Наука, 1979. – 280 с.
9. *Василевская В.К.* О значении анатомических коэффициентов как признаке засухоустойчивости растений // Ботан. журн. – 1938. – № 4. – С. 15-16.
10. *Василевская В.К.* Формирование листа засухоустойчивых растений – Ашхабад: Изд-во АН ТССР, 1954. – 184 с.
11. *Приседський Ю.Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассіопея, 1999. – 210 с.

Пугачова А.Ю. Анатомічна будова листка деяких сортів *Lilium hybrida* Hort. – Досліджена анатомічна будова листка 15 сортів гібридних лілій, що були віднесені за фізіологічними показниками до різних груп посухостійкості. Встановлено, що анатомічна будова листків підтверджує розподіл Азіатських, Трубочатих та Орлеанських, Східних гібридів. Особливості будови ЛА гібридів не дозволяють віднести їх до групи посухостійких сортів.

Ключові слова: гібридні лілії, посухостійкість, анатомічна будова листка.

Pugachova A.Yu. Anatomical leaf structure of *Lilium hybrida* Hort. some sorts. – Anatomical leaf structure of hybrid lily 15 sorts with different draught-resistance physiological indices was studied. It was fixed that anatomical structure of leaf blades confirm distribution of Asiatic, Tube and Orlean, Eastern hybrids on draught-resistance groups, obtained when studying of physiology indices. Peculiarities of leaf blade of the studied LA-hybrids do not allow to refer them to the draught-resistant groups.

Key words: hybrid lilies, draught-resistance, anatomical leaf structure.

А.І. Сафонов, А.П. Харкова

ПАЛІНОЛОГІЧНИЙ МОНІТОРИНГ УРБАНІЗОВАНОГО СЕРЕДОВИЩА

Донецький національний університет; 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46

e-mail: safonov@dongu.donetsk.ua

Сафонов А.І., Харкова А.П. Палінологічний моніторинг урбанізованого середовища. – За даними структурного та кількісного аналізів пилкових зерен *Ambrosia artemisiifolia* L., реалізованих методами екологічного моніторингу, доведено можливість ботаніко-екологічного контролю та обліку кількості агресивного пилкового матеріалу – алергенного аерополютанту в умовах техногенних ландшафтів промислового регіону на прикладі південного сходу України.

Ключові слова: пилок, моніторинг, міське середовище, *Ambrosia artemisiifolia* L.

Вступ

Флора будь-якої території складається з видів різного походження: деякі трапляються у певній місцевості, але первинно виникли за її межами (алохтонні види), інші в своєму генезисі пов'язані з аборигенною флорою (автохтонні види). Серед алохтонних рослин виділяють ідіохори, які поширюються спонтанно, без втручання людини (наприклад, через зміну клімату), та алохтонні антропофіти, які розселяються внаслідок прямих чи опосередкованих антропогенних впливів. Останню групу здебільшого ототожнюють із адвентивними (заносними) рослинами. Адвентивними видами вважають рослини, які, потрапивши до нової місцевості, що знаходиться за межами їх ареалів (переважно за допомогою штучних факторів поширення), пристосувалися до нових умов існування та почали самостійно займати нові території. Рослини, що поширюються поза волею людини, становлять найбільший інтерес щодо вивчення засобів поширення адвентивних видів, формування їх вторинних ареалів, взаємовідношень з місцевою флорою тощо [6-8, 12-17].

Карантинні адвентивні види – це види випадкові для даного угруповання або відсутні в даному регіоні, поява яких небажана (небезпечна в господарському або медичному відношенні). Адвентивні види проникають і натуралізуються в першу чергу в антропогенно модифікованих – рудеральних і сегетальних (епекофіти), а також у семінатуральних (геміагіофіти) угрупованнях, якими є, наприклад, порушені степи. Занесення й експансія адвентивних видів – найважливіші процеси, що супроводжують антропогенну трансформацію флори південного сходу України. Людина сама сприяє поширенню адвентивних рослин, порушуючи первинний рослинний покрив і створюючи нові місцезростання для заселення "захожими видами". Особливий науковий інтерес представляють види, що втручаються в більш-менш природні угруповання (голоагіофіти). Саме вони найбільш небезпечні для аборигенної флори й типової рослинності [12, 13, 15, 22].

Відомо, що міське населення страждає на алергію частіше, ніж сільське, тому що в місті концентрується велика кількість полютантів, які, поєднуючись із пилом, утворюють високоалергенні комплекси. Вуглеводороди, промисловий пил, неорганічні кристали й газоподібні речовини власне не є алергенами, але вони можуть змінювати чутливість до алергенів, наприклад, рослинного походження, і впливати на перебіг алергічних захворювань. Тому сінна пропасниця може сполучатися із харчовою, лікарською, бактеріальною та іншими формами алергії. Пилок *Ambrosia artemisiifolia* L. має антигени, схожі з антигенами пилку рослин, що цвітуть у той же період (*Artemisia vulgaris* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Atriplex rosea* L., *Plantago media* L., *Taraxacum officinale* Webb. ex Wigg.) [2-4, 19].

Саме загальними алергенними властивостями можна пояснити виникнення алергійних симптомів у хворого на амброзійний полиноз у кліматичній зоні, де немає цього виду, а зустрічається, наприклад, полин. Такі властивості пилку *A. artemisiifolia* є основною причиною перехресних алергійних реакцій на пилок інших рослин [1-3, 14]. Алергени, що виділені з пилку рослин одного виду, але з різних кліматичних зон (наприклад, *A. artemisiifolia* з південного сходу України – помірно континентальна зона, та цей же вид,

але з басейну ріки Міссісіпі – зона субтропиків), значно відрізняються за силою алергенної дії. Така різниця пояснюється двома наступними обставинами: по-перше, пилок, зібраний у різних кліматичних зонах, характеризується неоднозначною сенсibiliзуючою активністю, що пов'язано зі спадковістю; по-друге, різна активність алергенів є наслідком різних анатомо-фізіологічних особливостей, які сформувалися під впливом різних кліматичних, гідрологічних та географічних умов існування популяції даного виду [2-4]. У попередніх публікаціях містяться деякі матеріали з вивчення негативних наслідків експансії *A. artemisiifolia* [23] та паліноструктурних особливостей виду в умовах південного сходу України [20].

Мета роботи – палінологічний аналіз території промислового регіону, де зафіксовано підвищені показники вмісту алергенного пилкового матеріалу у приземному шарі атмосфери.

Матеріали та методика досліджень

Ambrosia artemisiifolia (амброзія полинолиста) – представник родини Айстрові (Asteraceae Dumort.). Рослина північноамериканського походження, первинний ареал розповсюдження – північний схід США, басейн Міссісіпі, південний схід Канади. Зараз це найпоширеніший бур'ян та найбільш типовий адвентивний елемент флори південного сходу України, вторинний ареал рослин цього виду віддалений від природного на значну відстань (є диз'юнктивним). Окрім південного сходу України, *A. artemisiifolia* майже повсюдно поширена на території Кіровоградської, Дніпропетровської та Запорізької областей, часто трапляється в Миколаївській, Київській, Черкаській областях. Тут *A. artemisiifolia* скрізь утворює великі колонії, продовжуючи стрімко розповсюджуватись на всій території України та за її межами. *A. artemisiifolia* найбільш поширена між 30° і 45° північної широти. Ці кордони ареалу *A. artemisiifolia* простежуються в багатьох країнах Європи, Азії, Америки.

Розселення *A. artemisiifolia* в нових умовах проходить за схемою "інвазія – латентний період – вибух", яка є типовою для агресивних адвентиків. Латентний період триває десятки років і проходить здебільшого в рудеральних місцезростаннях, де ступінь антропопресії незначний. Під час латентного періоду відбувається накопичення адаптивного потенціалу й об'єму популяції для подальшої експансії та активного розширення ареалу виду [1, 14, 17, 19]. *A. artemisiifolia* має широкі адаптивні можливості, наприклад, скорочений цикл розвитку, проростання недозрілого насіння та ін., що дозволяє їй швидко поширюватися на нових територіях. *A. artemisiifolia* – рослина з широкою екологічною амплітудою, тому вона може займати різноманітні екотопи (евритопний вид), але переважна можливість розповсюдження у антропогенно трансформованому середовищі (уздовж шляхів сполучення, на смітниках і будівельних майданчиках, у рекреаційних зонах, парках, на територіях заводів, комбінатів, хімічних підприємств та ін.) наближує цей вид до рудерально-селітебних. Розселення у несприятливих умовах стає можливим через появу вільних екотипів при скороченні ареалу або зникненні окремих аборигенних видів, що відбувається під впливом антропогенних факторів, зокрема прямого руйнування життєвого простору аборигенних видів (забудівля територій при розширенні поселень, порушення степних ценозів у зв'язку з інтенсивним розвитком сільського господарства, вирубка лісів, зміна структури ґрунтів – зниження родючості, накопичення великої кількості нітратів тощо). *A. artemisiifolia*, як рослина нітріфікованих ґрунтів, швидко захоплює нові місцезростання, й оліготрофним рослинам важко конкурувати з нею. На одній добре розвинутій особині *A. artemisiifolia* утворюється та досягає до 100 тис. плодів [15-17].

A. artemisiifolia може утворювати до 1000 сходів на 1 м², й відростати навіть після п'ятиразового викошування. В густих заростях (до 1000 рослин на 1 м²) розвиваються переважно тичинкові квітки, і рослина продукує значно менше насіння. Зріле насіння легко осипається і дуже засмічує ґрунт (до 26 млн. сім'янок на 1 га). Через утворення великої кількості насіння *A. artemisiifolia* має велику конкурентноздатність. Також насіння *A. artemisiifolia* засмічує врожай пізньоспілих культур. Насіння *A. artemisiifolia* розноситься

водою, тому вона є загрозою для землеробства. За іншими джерелами [4] одна рослина *A. artemisiifolia* може дати до 88000 елементів дисемінації. Її насіння зберігає схожість до 4–5 років. У кінці квітня – на початку травня воно разом проростає навіть зі значної глибини (до 8 см). На 1 м² розвивається від 40 до 100 (250) сходів. На початку липня рослини сягають значних розмірів (35–40 см), у кінці серпня – до 2 м заввишки. У загущених посівах рослина не галузиться, а в просапних і баштанних культурах утворює від 20 до 50 гілок першого порядку. Має добре розвинуту розгалужену кореневу систему, яка сягає значної довжини (до 4 м). Якщо коренева система добре розвинута, рослина не гине при неякісному викошуванні, а може знову відростати з бруньок поновлення [15, 17]. Велика кількість пилку, швидке наростання надземної маси й кореневої системи, висока насіннева продуктивність та ін. – типові ознаки R-стратегічного існування виду *A. artemisiifolia*. Шкода, яку завдає *A. artemisiifolia*, є величезною. Ця рослина висушує ґрунт (на одиницю сухої речовини випаровує 920–940 одиниць води), поглинаючи з ґрунту багато азоту й фосфору (N – 14,5 кг/т сухої речовини, P₂O₅ – 1,5 кг/т сухої речовини). Швидко розвиваючи велику надземну масу, *A. artemisiifolia* здатна витіснити та пригнічувати як культурні рослини, так і бур'яни. При цьому цей вид спричиняє сильне виснаження ґрунтів і знижує їх родючість. Оскільки цей бур'ян виростає до двох метрів заввишки і має товсті стебла, він ускладнює збирання врожаю комбайнами. Тварини цю рослину не споживають, для силосу вона не придатна. Отже, це надзвичайно пластична і життєздатна рослина з витривалістю до широкого діапазону екологічних факторів.

Дослідження структурних елементів пилку виконано з використанням загальновідомих методик [5, 11, 21] з деякими модифікаціями, встановленими експериментально. Об'єкти аналізу можна було мікроскопувати після препарування заздалегідь або після хімічного втручання. Світлооптичне вивчення проведено на мікроскопі Ergaval з використанням гвинтового окулярного мікрометра (МОГ–1–15×), окулярів 3, 10, 40 та 90. Для встановлення місцевих стандартів структурних особливостей ознак обсяг вибірки коливався від 100 до 300 компонентів. Для вивчення непрозорих біологічних об'єктів (поверхні, скульптури та морфології плодів, пилкових зерен, та опушення листкових пластинок) застосовано метод косоного освітлення (варіант методу світлого поля у відбитому світлі) при зсуванні апертурної діафрагми у напрямку, перпендикулярному до оптичної вісі. Мікроструктурні об'єкти зафіксовано та відбито у рисунках. Для метричних досліджень отримано до 200 (300) значень. Забарвлення пилкового матеріалу проведено різними барвниками: метиленовим синім, ацетокарміном, орсеїном та гематоксилином, виготовленим за способом Майєра з модифікацією А.І. Пермякова [5]. Використано суміші цих барвників, а також прискорені, спрощені методики пилкового аналізу [9–11, 21] у зв'язку з великим обсягом палінологічного матеріалу. Лабораторний експеримент модифікований із урахуванням особистих попередніх методичних підходів [20, 23].

Експериментальну частину роботи реалізовано в умовах Донецько-Макіївської агломерації. **Центрально-міський район** – найбільш густо населений район м. Макіївки. На його території розташовано металургійний комбінат ім. Кірова, декілька шахт, з яких найзначущі – шахта ім. Бажанова і шахта ім. Батова. На території Центрально-міського району було сформовано моніторингову сітку дослідження (рис. 1).

Експериментальну територію міста загальною площею 1,058 км² було розділено на 20 квадратів, на території кожного квадрата зафіксовано одну експериментальну ділянку (одну субпопуляцію *A. artemisiifolia*), середня відстань між ділянками 230±80 м. За умов отримання даних для кожного вузла моніторингової мережі виникає можливість встановлення кореляційних зв'язків між ступенем антропогенного навантаження на фітоценози, типологічною приналежністю території до певного екотопу та основними експериментальними показниками (концентрація пилку у повітрі, щільність локальних мікропопуляцій *A. artemisiifolia*, репродуктивне зусилля тощо, а також загальні напрямки стратегії розвитку популяцій виду на кожній обраній ділянці).

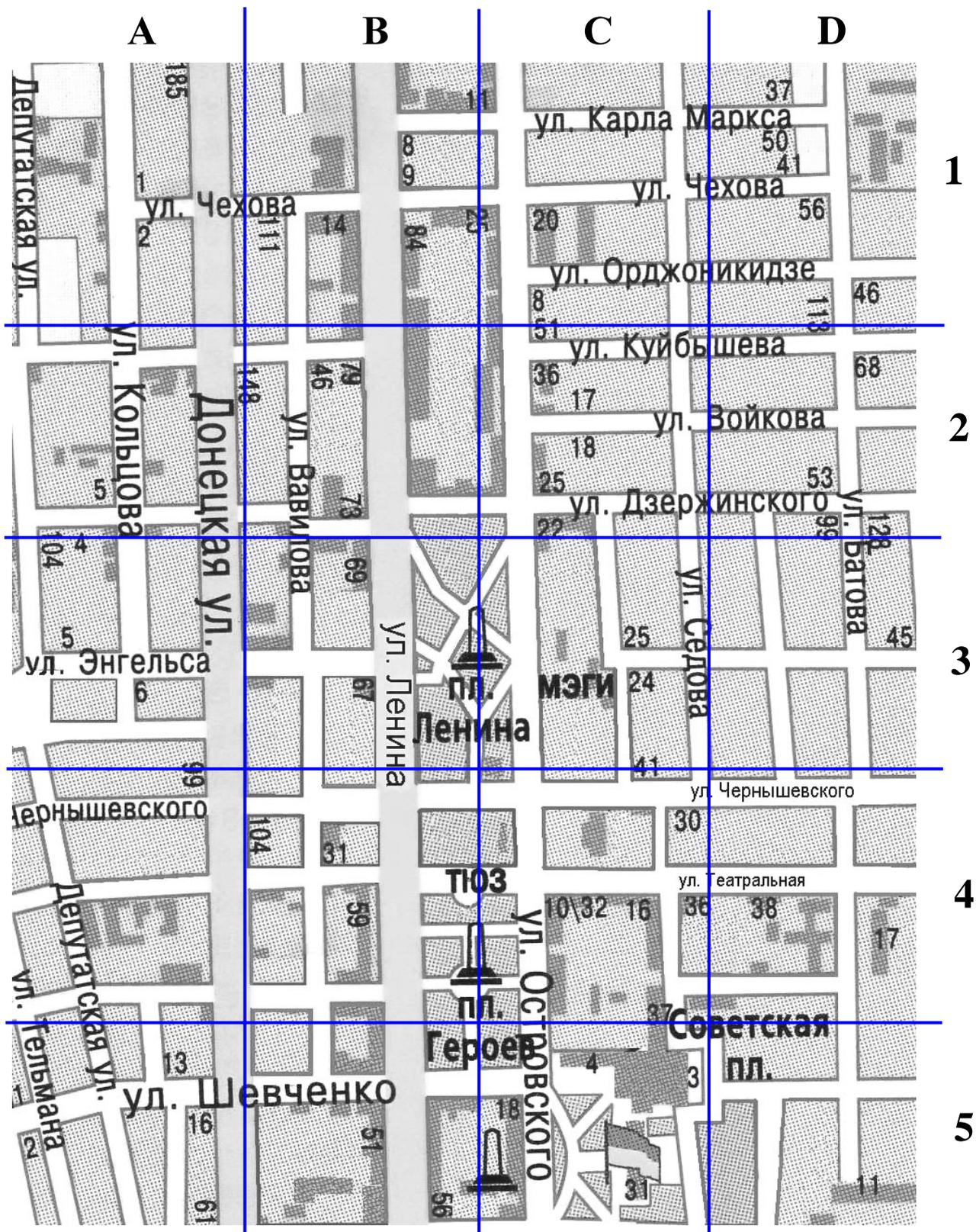


Рис. 1. Моніторингова сітка для картосхематичного зображення Центрально-міського району м. Макіївки – принцип формування експериментальних ділянок

Результати й обговорення

Гравімертичним методом було здійснено забір приземного шару повітря, а також обчислено концентрацію пилку в розрахунку на 1 см² поверхні предметного скельця. Встановлення зв'язків між популяційними та палінологічними показниками є важливим

аспектом вивчення стратегічних пристосувань *A. artemisiifolia* до успішного вітрозапилення, а також для дослідження алергогенної ситуації техногенного регіону. Під час таких досліджень було встановлено, що між щільністю мікропопуляції та концентрацією пилку існують кореляційні зв'язки – зі збільшенням щільності субпопуляційних структур *A. artemisiifolia* збільшується концентрація пилку цієї рослини в приземному шарі атмосфери (рис. 2.).

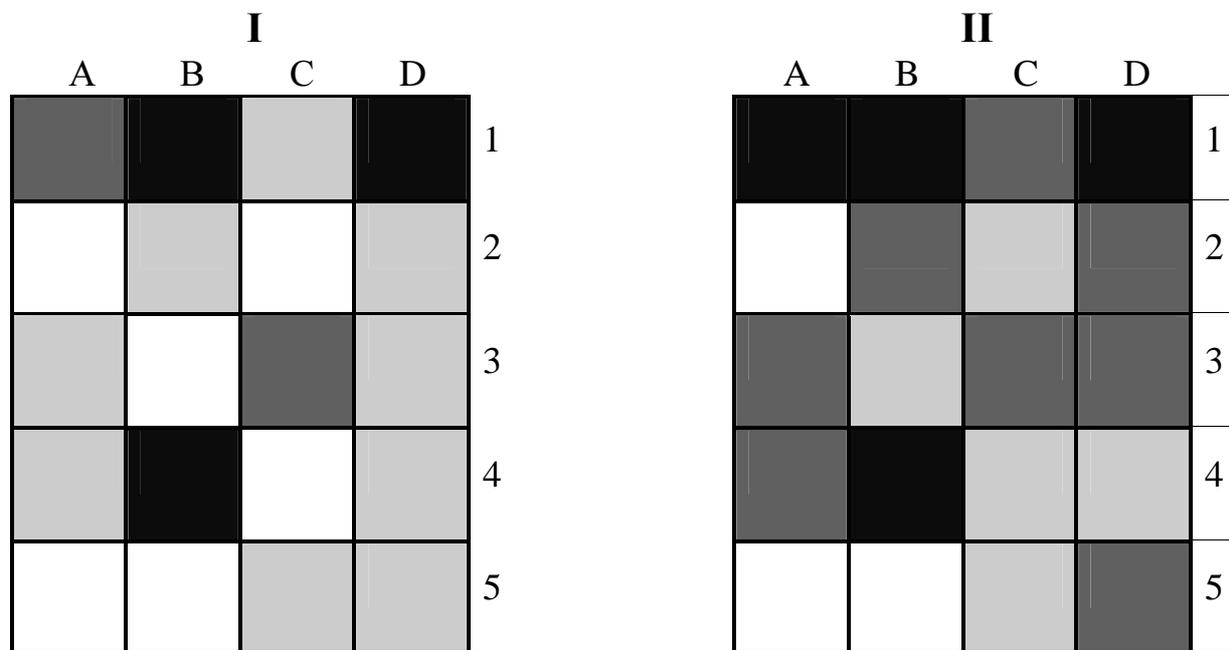


Рис. 2. Розташування різних значень щільності популяції та концентрації пилку *Ambrosia artemisiifolia* L. на пробних площах

Примітка.

I – розподіл концентрації пилку *A. artemisiifolia* в атмосфері на пробних площах;

II – розподіл щільності субпопуляції *A. artemisiifolia* на пробних площах.

■ – 90-102 шт./см²

■ – 103-129 шт./м²

■ – 77-89 шт./см²

■ – 77-102 шт./м²

■ – 64-76 шт./см²

■ – 51-76 шт./м²

□ – 50-63 шт./см²

□ – 25-50 шт./м²

Із проведених спостережень, підрахунків та математичної обробки даних, можна зазначити, що рівень концентрації пилку *A. artemisiifolia* в атмосфері знаходиться у певній залежності від щільності популяції цієї рослини, зокрема з ростом щільності популяції підвищується рівень концентрації пилку в приземному шарі атмосфери (рис. 3). Отримані результати співпадають із літературними. Так, за даними В.В. Протопопової [15-17] в густих заростях розвиваються переважно тичинкові квітки, і рослина продукує значно менше насіння. Тож, чим щільніша популяція *A. artemisiifolia*, тим більше кожна рослина цієї популяції утворює тичинкових квіток, а тому в межах таких місцезростань підвищується концентрація пилку в атмосфері. Щодо кількості насіння, то для отримання даних необхідні додаткові дослідження репродуктивної сфери рослини восени після закінчення періоду цвітіння.

Таким чином, за умов зростання реальної паліотичної небезпеки, при зменшенні насінневої продуктивності, зменшується ризик утворення потенційної екологічної

забур'яненості, що може спрацьовувати за механізмом "прихованої вибухівки" у подальших вегетаційних сезонах. Та, можливо, це вказує, що при викошуванні *A. artemisiifolia* складаються об'єктивні умови утворення більшої кількості насінного матеріалу. В такому випадку доведений факт є науковим обґрунтуванням того, що при проведенні викошування агресивного адвентика ці заходи повинні реалізуватися якомога ретельніше, щоб не спричинити появу нових небажаних проявів у локальних популяціях *A. artemisiifolia*.

Концентрація пилку, шт./см²

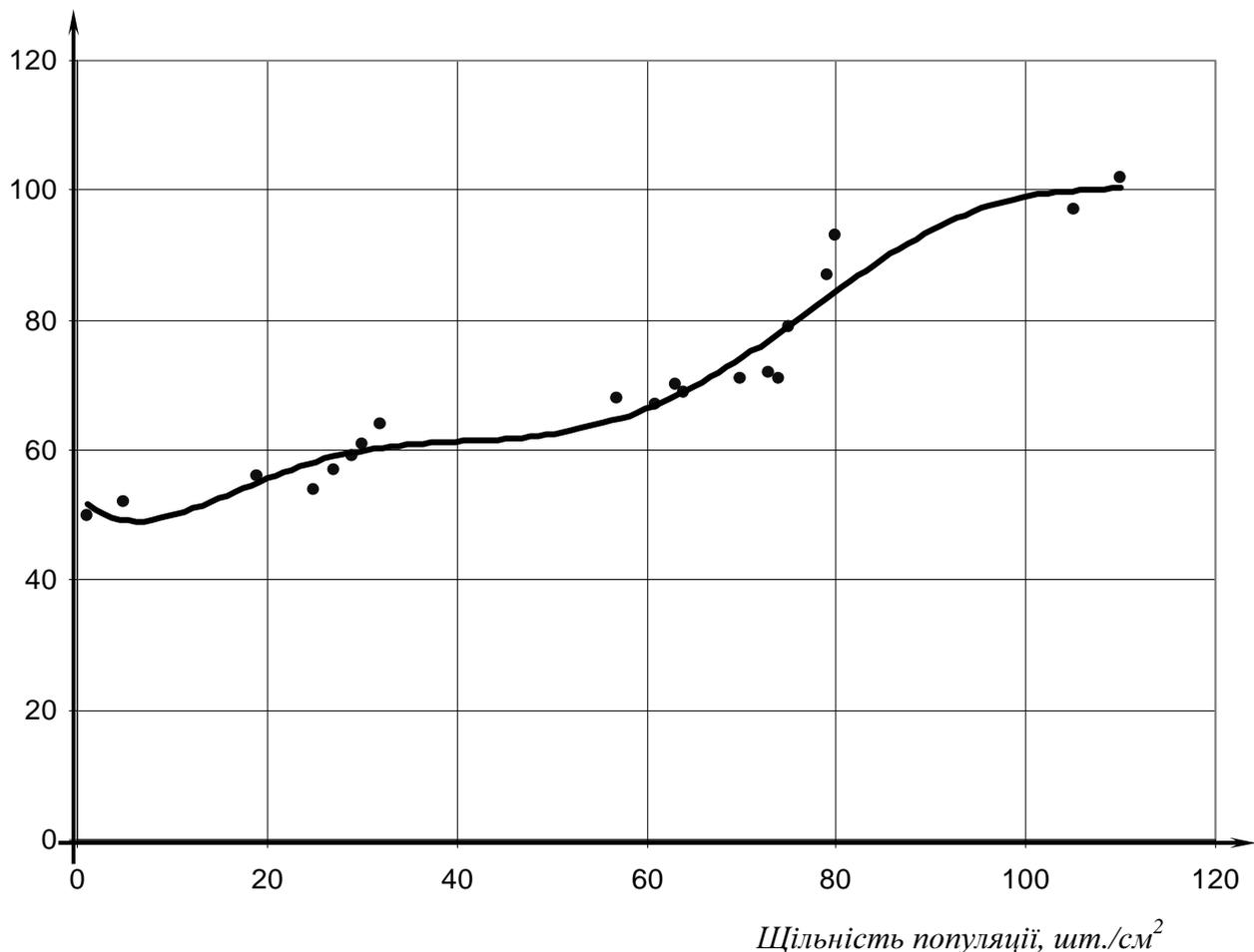


Рис. 3. Залежність концентрації пилку *Ambrosia artemisiifolia* L. у повітрі (приземний шар атмосфери) від щільності популяції цієї рослини

Проведено аналіз повітря щодо вмісту пилку інших видів рослин. Встановлено, що в період проведення дослідження (цвітіння *A. artemisiifolia* – середина липня – початок вересня) у приземному шарі атмосфери переважну частину (понад 70%) пилкового матеріалу (окрім *A. artemisiifolia*) складає пилок наступних рослин (рис. 4): *Artemisia vulgaris* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Atriplex rosea* L.

Перевага пилку *Ambrosia artemisiifolia* L., *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., *Atriplex rosea* L. свідчить про порушення балансу в природних екосистемах, підвищення рівня антропогенного навантаження на природні системи та, як наслідок, – підвищений рівень алергізації населення. Характерним також є те, що жодна з цих рослин майже не зустрічається в одному угрупованні з *A. artemisiifolia*, що опосередковано може свідчити про сильний алелопатичний вплив кожної з цих рослин, що не дозволяє їм утворити стійке угруповання.

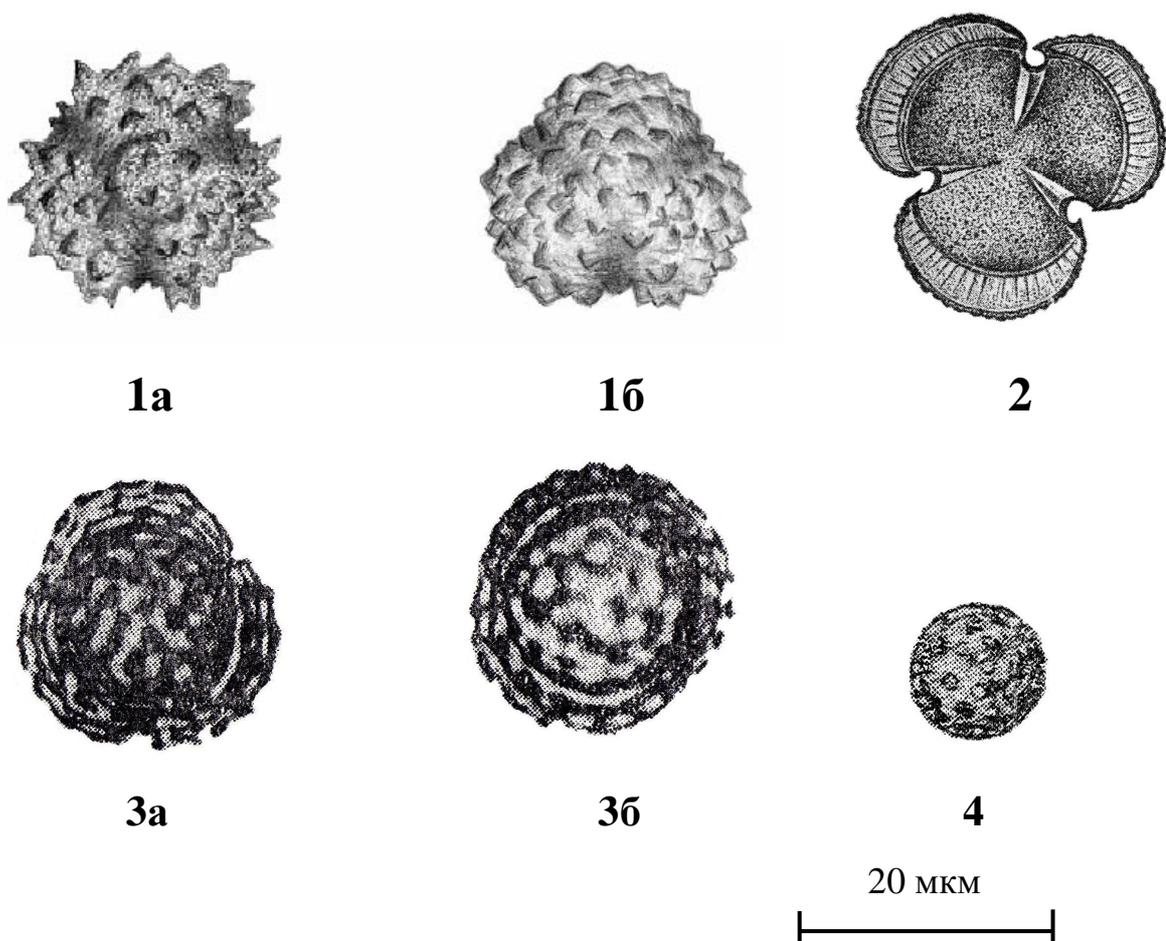


Рис. 4. Структура пилоквих зерен, що найбільш часто зустрічаються в пробах повітря за період із середини липня до початку вересня: **1а, 1б** – *Ambrosia artemisiifolia*, **2** – *Artemisia vulgaris* L., **3а, 3б** – *Cyclachaena xanthiifolia* (Nutt.) Fresen., **4** – *Atriplex rosea* L.

Висновки

Ambrosia artemisiifolia L. – адвентивний вид рослин, що представляє реальну загрозу біологічного забруднення на південному сході України, наслідками такого забруднення є алергічні полинози у місцевого населення.

Встановлено залежність між субпопуляційними та палінологічними показниками у аспекті вивчення пристосувань та стратегій існування *A. artemisiifolia* до успішної реалізації генетичної програми, а також для дослідження алергогенної ситуації у техногенному регіоні. Доведено закономірності кількісних показників пилку *A. artemisiifolia* в умовах різних екоотпів міського середовища Донецької області.

Список літератури

1. *Абрамова Л.М. Ambrosia artemisiifolia* и *Ambrosia trifida* на юго-западе республики Башкортостан // Бот. журн. – 1997. – Т. 82, № 1. – С. 32-37.
2. *Адо В.А., Астафьева Н.Г.* Поллинозы: повышенная чувствительность к пыльце. – М.: Знание, 1991. – 223 с.
3. *Акопов И.Э.* Аллергия к пыльце амброзии и лекарственная болезнь. – Краснодар: Краснодарское кн. изд-во, 1978. – 48 с.
4. *Астафьева Н.Г., Адо В.А., Горячкина Л.А.* Растения и аллергия. – Саратов: Изд-во Саратовского ун-та, 1986. – 336 с.
5. *Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г.* Основы микроскопических исследований в ботанике. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 2000. – 128 с.

6. Бурда Р.І., Тохтар В.К. Загроза біологічного забруднення довкілля в Україні північноамериканськими видами // Укр. ботан. журн. – 1998. – Т. 55, № 2. – С. 127-132.
7. Ишибирдин А.Р. Эколого-географические закономерности синантропной флоры России. II. Анализ региональных синантропных флор // Бот. журн. – 2004. – Т. 89, № 9. – С. 1456-1469.
8. Костильов О.В. Рудеральна рослинність України. // Укр. ботан. журн. – 1990. – Т. 47, № 1. – С. 24-27.
9. Кремль Г.О.У. Палинологическая энциклопедия. – М.: Мир, 1967. – 411 с.
10. Куприянова Л.А., Алёшина Л.А. Палинологическая терминология покрытосеменных растений. – Л.: Наука, 1967. – 84 с.
11. Куприянов С.Н., Галактионова Н.В., Дмитриева Е.С. Методические рекомендации по созданию зональных наборов пыльцевых аллергенов. – Ашхабад: Б.и., 1984. – 30 с.
12. Мельник Т.І. Вплив урбанізації на стан популяції модельних видів рудеральних рослин (м. Суми) // Укр. бот. журн. – 2005. – Т. 62, № 3. – С. 349-359.
13. Миркин Б.М., Наумова Л.Г. Адвентизация растительности в призме идей современной экологии // Журн. общ. биол. – 2002. – Т. 63, № 6. – С. 500-508.
14. Мицик Л.П., Івахненко А.В. Фітоекологічні залежності розповсюдження амброзії полинолістої // Тези міжнар. конф. "Проблеми сучасної екології" (м. Запоріжжя, 24-26 червня 2002 р.). – Запоріжжя, 2002. – С. 50.
15. Протопопова В.В. Адвентивні рослини Лісостепу і Степу України. – К.: Наук. думка, 1973. – 192 с.
16. Протопопова В.В., Мосякін С.Я., Шевера М.В. Фітоінвазії в Україні як загроза біорізноманіттю: сучасний стан і завдання на майбутнє. – К.: Наук. думка, 2002. – 32 с.
17. Протопопова В.В., Шевера М.В. Фітоінвазії. Аналіз основних термінів // Промышленная ботаника. – 2005. – Вып. 5. – С. 55-59.
18. Прохорова С.І. Інвазія північноамериканського адвентивного виду *Iva xantiifolia* на південному сході України // Мат. конф. молодих учених-ботаніків "Актуальні проблеми ботаніки та екології" (м. Канів, 26-29 вересня 2004 р.). – Канів, 2004. – Вып. 9. – С. 120.
19. Савицкий В.Д., Савицкая Е.В. Экология и распространение пыльцы аллергенных растений в Украине // Астма та алергія. – 2002. – № 2. – С. 17-20.
20. Сафонов А.І., Харкова А.П. Паліноструктурний аналіз *Ambrosia artemisiifolia* L. в умовах техногенних екотопів Донбасу // Вісник Донецького університету. Сер. А. Природн. науки. – 2006. – Вып. 2. – С. 78-86.
21. Сладков А.Н. Введение в спорово-пыльцевой анализ. – М.: Наука, 1967. – 270 с.
22. Тохтар В.К. Проблема біологічного забруднення довкілля південного сходу України адвентивними видами // Зб. доп. наук.-практ. конф. "Донбас-2020: охорона довкілля та екологічна безпека". – Донецьк, 2001. – Т. 2. – С. 96-97.
23. Харкова А.П., Сафонов А.І. Негативні наслідки експансії *Ambrosia artemisiifolia* L. на південному сході України // Актуальні проблеми ботаніки та екології (м. Київ, 27-30 вересня 2006 р.). – К.: Фітосоціоцентр, 2006. – С. 117-118.

Сафонов А.И., Харьковская А.П. Палинологический мониторинг урбанизированной среды. – По данным структурного и количественного анализов пыльцевых зерен *Ambrosia artemisiifolia* L., реализованных методами экологического мониторинга, доказана возможность ботанико-экологического контроля и учета качества агрессивного пыльцевого материала – аллергенного аэрополлютанта в условиях техногенных ландшафтов промышленного региона на примере юго-востока Украины.

Ключевые слова: пыльца, мониторинг, городская среда, *Ambrosia artemisiifolia* L.

Safonov A.I., Kharkova A.P. Pollenological monitoring of urban environment. – On the grounds of structural analysis of *Ambrosia artemisiifolia* pollen, realized by methods of ecological monitoring, it has been proved that there is a possibility of botanical and ecological control and registration of the quality of aggressive pollen material – allergenic airpollutant in the conditions of industrial region technogenic landscapes on the example of the south-east of Ukraine.

Key words: pollen, monitoring, urban environmental, *Ambrosia artemisiifolia* L.

Р.Г. Синельщиков, Е.В. Ермакова
БИОГЕОЦЕНОТИЧЕСКИЕ ДЕТЕРМИНАНТЫ РЕКРЕАЦИОННОГО
ЛЕСОПОЛЬЗОВАНИЯ

Донецкий национальный технический университет; 83000, г. Донецк, ул. Артёма, 58
e-mail: ermakova-ev@mail.ru

Синельщиков Р.Г., Ермакова Е.В. Биогеоценотические детерминанты рекреационного лесопользования. – Выявлена и исследована роль биогеоценотических детерминант в формировании рекреационного потенциала лесных территорий. Дана оценка направленности и силе влияния каждой из выделенных детерминант. Проведено их структурирование по различным признакам.

Ключевые слова: рекреационное лесопользование, рекреационный потенциал, биогеоценотические детерминанты, тип леса, лесной биоценоз, лесной экотоп.

Введение

Вопросы рекреации, под которой понимают использование людьми их свободного времени для оздоровительной и культурно-познавательной деятельности [1], всё чаще рассматриваются в социально-экономических и биогеоценологических исследованиях. Территории современных индустриальных мегаполисов, таких, к примеру, как Донбасс, характеризуются недостаточным обеспечением рекреационными ресурсами. Это обусловлено, с одной стороны, высокой плотностью населения, и как следствие, повышенным спросом на природные территории, пригодные для отдыха, а с другой – их неравномерным размещением и неэффективным использованием. Под рекреационным потенциалом понимают совокупность природных и социо-культурных предпосылок для организации рекреационной деятельности на определённой территории [2]. Для оптимизации рекреационного природопользования исходной точкой является выявление рекреационных зон на определённой территории и дифференциация их по степени рекреативности и устойчивости к нагрузкам [2-4].

Материал исследований

Оценивая рекреационную зону, не следует забывать, что она представляет собой систему из совокупности природно-климатических, социальных, демографических, медико-биологических и других характеристик территории. Современной тенденцией в изучении вопросов рекреации является перекоп в сторону социально-экономических вопросов, в то время как базису рекреационной зоны, которым, безусловно, является **специфический биогеоценоз**, отводится второстепенная роль [4]. Вот почему *целью* нашего исследования было определено **выявление роли естественно-природного фундамента в формировании рекреационного потенциала территории**. А поскольку основой и резервом для расширения рекреационной деятельности в Донецкой области являются леса, то *предметом* исследования стало рекреационное лесопользование. В соответствии с поставленной целью приоритетными *задачами* исследования были выявление биогеоценотических детерминант рекреационного лесопользования и их ранжирование по степени значимости.

Результаты и обсуждение

В настоящее время известно много методик оценки рекреационного потенциала. Например, некоторые исследователи предлагают все характеристики рекреационного комплекса разбить на 3 блока, содержащих соответственно медико-биологические, психо-эстетические и функционально-хозяйственные характеристики [5]. Однако это деление во многом является условным, поскольку для него характерно взаимопроникновение элементов одного блока в другой блок. Так, например, концентрация кислорода в воздухе, которая входит в медико-биологический блок, во многом определяется преобладающей породой и полнотой лесного насаждения; живописность ландшафта, рассматриваемая в блоке эстетических факторов, зачастую обусловлена спецификой микрорельефа и структурой

биоценоза; а доступность или проходимость территории, являющаяся элементом функционально-хозяйственного блока, зависит от состава древостоя и эдафических условий.

При анализе иных подобных методик становится очевидным, что многие из вычленившихся в них рекреационных факторов **оказываются, прежде всего, обусловленными спецификой биогеоценоза**. Поэтому основу рекреационного потенциала территории, на наш взгляд, составляют именно особенности биогеоценоза, в границах которого осуществляется рекреационная деятельность. А это, в свою очередь, означает, что **рекреационное лесопользование детерминируется биогеоценозическими особенностями территории**.

Общеизвестно, что под биогеоценозом понимают участок земной поверхности с относительно однородной растительностью, животным миром, климатическими и почвенными условиями; эти вместе взятые компоненты рассматривают как единый организм [6]. Структуру любого биогеоценоза, в том числе и лесного, составляют специфический биоценоз и экотоп. Как уже было отмечено, объектом нашего исследования являются лесные биогеоценозы, рассматриваемые в аспекте природного рекреационного потенциала. Основные группы биогеоценозических детерминант рекреационного лесопользования представлены на рис. 1.



Рис. 1. Схема детерминант рекреационного лесопользования

Специфика конкретного лесного биоценоза определяется взаимопроникновением характерных для него фито-, зоо- и микробоценозов, а экотопа – микрорельефом, эдафотопом и климатопом. Лес не является однородной, гомогенной территорией [7], а, следовательно, на разных участках будет отличаться своими биогеоценозическими особенностями. Как видно (см. рис. 1) к основным группам факторов, определяющих величину рекреационного потенциала лесов и направление их использования для целей отдыха, относятся признаки, характеризующие особенности лесного фитоценоза, зооценоза и микробоценоза, а также показатели, отражающие специфику микрорельефа, климатопы и эдафотопы.

Безусловно, эти группы факторов не являются равнозначными по степени их влияния на величину рекреационного потенциала лесного биогеоценоза. Одни из представленных

блоков оказывают мощное прямое воздействие на степень рекреативности лесного биогеоценоза, а другие действуют опосредованно и не столь явно. Для выяснения роли факторов, определяющих состояние соответствующих блоков (см. рис. 1), рассмотрим каждую из биогеоценологических детерминант рекреационного лесопользования более детально и целенаправленно.

1. Биоценологические детерминанты. Основными детерминантами, обуславливающими специфику и состояние лесного биоценоза, являются фито-, зоо- и микробоценоз.

1.1 Лесной фитоценоз. Многочисленные исследования, проводившиеся в разное время [7, 8], показывают, что привлекательность того или иного участка леса для отдыхающих в значительной мере зависит от особенностей лесного фитоценоза, который, в свою очередь, определяется характеристиками древостоя, подроста, подлеска, живого напочвенного покрова (рис. 2).

1.1.1 Древостой. Именно этот элемент фитоценоза проявляет наибольшую степень влияния на величину рекреационного потенциала [8, 9]. Рекреативность древостоя определяется биологическими, прежде всего морфологическими, и экологическими особенностями слагающих его преобладающих пород, а также их возрастом и полнотой насаждения. Эти показатели можно считать вполне объективными.

Среди характеристик древесной растительности наибольшее влияние на уровень привлекательности участка леса для посетителей оказывает видовой состав древостоя. Отмечено [9], что смешанные насаждения зачастую оказываются более привлекательными для отдыхающих по сравнению с чистыми, а дубовые имеют явный перевес над черноольховыми. Помимо такой субъективной оценки видовой состав древостоя является вполне объективным показателем, так как он в значительной степени определяет характер микроклимата, уровень самоочищающей способности (загрязнение воздуха), наличие беспокоящих насекомых, устойчивость к рекреационным нагрузкам и разнообразие лесного ландшафта.

Возраст, полнота и бонитет насаждения играют приоритетную роль при оценке рекреативности. Не случайно наибольшее количество посещений обычно наблюдается на участках, занятых **перестойными и низкополнотными** насаждениями. Такие участки леса характеризуются величием, хорошим обзором, развитым травяным покровом, в то время как высокополнотные насаждения и молодняки образуют закрытые ландшафты, с однообразным древесным пологом и редкими полянами или световыми "окнами".

Полнота и возраст насаждений обуславливают такие объективные показатели рекреационного потенциала объекта, как его пространственная структура, микроклимат, способность улучшения санитарно-гигиенических свойств.

Среди характеристик древесной растительности наибольшее влияние на уровень привлекательности участка леса для посетителей оказывает видовой состав древостоя. Так, отмечено [9], что смешанные насаждения зачастую оказываются более привлекательными для отдыхающих по сравнению с чистыми, а дубовые имеют явный перевес над черноольховыми. Помимо такой субъективной оценки видовой состав древостоя является вполне объективным показателем, так как он в значительной степени определяет характер микроклимата, уровень самоочищающей способности (загрязнение воздуха), наличие беспокоящих насекомых, устойчивость к рекреационным нагрузкам и разнообразие лесного ландшафта.

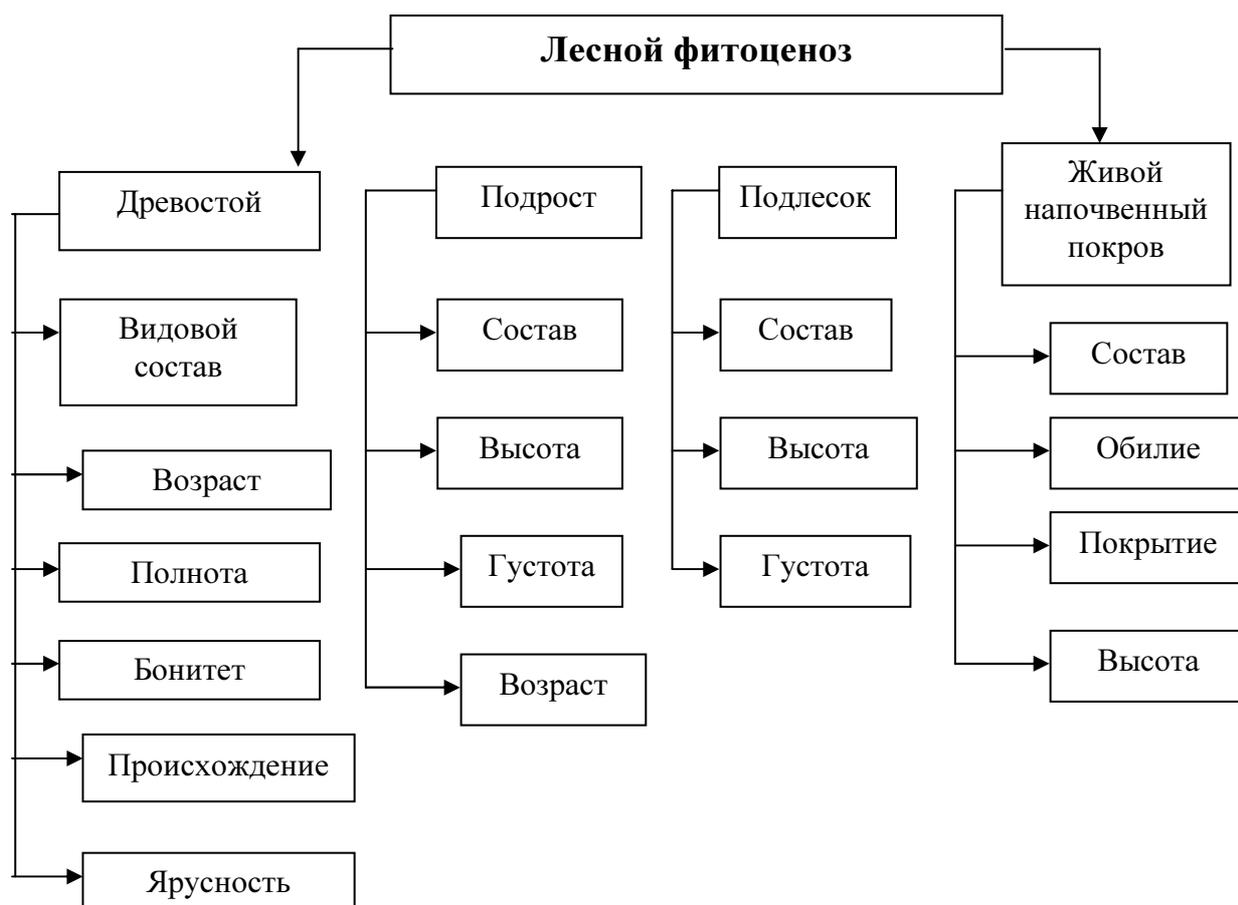


Рис. 2. Схема фитоценологических детерминант рекреационного лесопользования

Важной характеристикой древостоя является **происхождение**. Происхождение во многом обуславливает пространственную структуру леса. Так, участки естественного происхождения обладают большей привлекательностью по сравнению с искусственными, в связи с тем, что в последних, как правило, очень хорошо прослеживается монотонная рядовая посадка (особенно если это молодняки).

1.1.2 Подрост. Немаловажное значение играет наличие подраста, а именно, его состава, густоты и особенно высоты. Чрезмерно густой и высокий подрост затрудняет проходимость и просматриваемость участка, тем самым снижая его рекреативность [10], но его отсутствие – это тревожный признак, свидетельствующий о проблемах в отношении естественного лесовозобновления на участке.

1.1.3 Подлесок. Наличие подлеска умеренной густоты и богатого видового состава делает ландшафт более разнообразным и привлекательным.

1.1.4 Живой напочвенный покров. Важной детерминантой рекреационного лесопользования является не только древесная порода – эдификатор, но и характер напочвенного травяно-мохового покрова. Среди главных характеристик данного показателя следует выделить видовое разнообразие, высоту верхнего яруса и густоту (см. рис. 2). Причём отрицательное влияние на уровень посещаемости оказывает как чрезмерно высокий и густой травостой, так и его полное отсутствие [9, 10].

Безусловно определённую роль в формировании рекреационного потенциала лесного биогеоценоза играет и ценоморфическая структура травяного напочвенного покрова, от которой во многом зависит его видовое разнообразие.

А.Л. Бельгард [7] наряду с монолитными ценозами (моноценозами) выделяет территории, где нарушается ценоценотическое единство и наблюдается смешение видов,

принадлежащих к различным типам растительности, то есть растительные группировки, представляющие собой нечто промежуточное (амфиценозы).

Амфиценозы специфичны для подзон, характеризующих собой переход от одной зоны к другой. Бесспорно, что леса (как искусственные, так и естественные) в границах степной зоны характеризуются географическим несоответствием и склонны к формированию неустойчивых ландшафтов. А.Л. Бельгард отмечает, что в краткопоемных лесах амфиценозность значительно уменьшается, а ведущую роль во всех этих ценозах играют лесные виды. На наш взгляд, наибольшей рекреационной оценкой будут характеризоваться амфиценозы, которыми в условиях степи являются преимущественно боры и суборы на сырых и мокрых почвах. Соответственно псевдомоноценозы и моноценозы будут обладать несколько меньшей привлекательностью для отдыхающих.

1.2 Лесной зооценоз. Влияние лесного зооценоза на степень привлекательности участка леса проявляется не столь явно, так как встреча рекреантов с животными (особенно с крупными млекопитающими) в местах отдыха маловероятна. Несмотря на это, не стоит забывать, что одной из важнейших характеристик рекреационных ресурсов является контрастность с привычной средой обитания, следовательно, присутствие в пределах биогеоценоза видов животных, не характерных для мест постоянного проживания рекреантов, будет значительно повышать потенциал территории. Особое значение приобретает видовое разнообразие орнитофауны лесов, покоряющие рекреантов своей красотой и разноголосым пением.

1.3 Лесной микробоценоз. Лесной фитоценоз и, прежде всего, древостой тесно взаимосвязан со своеобразным почвенным микробоценозом. И хотя последний является производным не только от климата и почвы, но и древесных и кустарниковых сообществ, он способен влиять на состояние всего ценоза, способствуя минерализации органических остатков, превращая их в усвояемые растениями формы [7]. Микробоценоз не является биогеоценозической детерминантой, непосредственно влияющей на привлекательность лесного участка для отдыхающих. Однако от его состояния и нормального функционирования зависит благополучие лесного фитоценоза, который, как было отмечено выше, выступает в качестве мощной прямой детерминанты рекреационного лесопользования.

Таким образом, нами показано, что наиболее мощными прямыми детерминантами рекреационного лесопользования в **структуре лесного биоценоза** являются **древостой** с его специфическими особенностями, **подрост** и **подлесок**, **травостой**. Лесной **зооценоз** и **микробоценоз** выступают в качестве **косвенных детерминант** рекреационного лесопользования, оказывая непосредственное влияние на состояние лесного фитоценоза, а, следовательно, опосредованно влияя на рекреационный потенциал леса.

Характер (специфика) лесного биогеоценоза определяется тесной взаимосвязью с особенностями лесного биоценоза и лесного экотопа (см. рис. 1).

2. Экотопические детерминанты. В структуре экотопических факторов, определяющих характер рекреационного использования леса, следует выделить орографические (геоморфологические), климатические (метеорологические), эдафические (почвенные) и гидрологические факторы.

2.1 Геоморфология. Особенности микрорельефа лесных территорий могут выступать как в виде прямой, так и опосредованной детерминанты. Наиболее явное прямое влияние на привлекательность участка для отдыхающих оказывает степень пересечённости местности. Предпочтительнее оказывается средне- и сильно холмистый рельеф по сравнению с равнинным. В данном случае орография выступает как прямая детерминанта рекреационного лесопользования. Нередко именно геоморфологические факторы определяют формирование конкретного типа ландшафта, поскольку от них во многом зависит степень увлажнения и интенсивность солнечной радиации. В данном аспекте специфические особенности рельефа косвенно детерминируют рекреационное лесопользование. Известно, что в условиях степной природно-климатической зоны, к которой принадлежит Донбасса, лесные массивы, как

правило, приурочены либо к балкам (байрачные леса), либо речным долинам, что связано с увеличением в этих местах влажности почвы и смягчением микроклимата. Основные элементы этих форм рельефа представлены на рис. 3.



Рис. 3. Схема геоморфологических детерминант рекреационного лесопользования

Особенно отчётливо влияние орфографического фактора видно при выборе места отдыха в байрачных лесах. Здесь более предпочтительной в рекреационных целях становится вершина байрака, характеризующаяся сухостью, удобством размещения, хорошей освещенностью. Гораздо менее удобны для отдыха днище (тальвег) и склоны, характеризующиеся слабым проникновением света и чрезмерной влажностью.

2.2 Климатические детерминанты также могут выступать как в качестве прямых, так и в качестве опосредованных. Под климатопом понимают сочетание физических характеристик воздушной или водной среды в пределах биогеоценоза. Климат и погода определяется таким набором метеорологических показателей, как температура и влажность воздуха, скорость и направление ветра, среднегодовое количество осадков и др. При рассмотрении леса в аспекте рекреации, важную роль приобретает фундаментально описанное Г.Н. Высоцким явление лесной пертиненции, понимаемого как "влияние растений, их популяций и группировок на физическое состояние их биоценотической среды и на внешние условия" [11].

Лес влияет на состав атмосферы. Как известно в лесу значительно повышается содержание кислорода и фитонцидов, снижается количество вредных газов и примесей. Лесное сообщество – мощный фактор, способный ослабить нежелательное влияние ветра. Воздействие леса приводит к меньшим амплитудам суточных температур по сравнению с необлесенной территорией, к значительному снижению среднесуточной температуры и увеличению влажности воздуха [7].

2.3 Эдафотоп. Важнейшими характеристиками эдафотопа являются трофотоп и гигротоп. В данном случае трофотоп выступает исключительно как косвенная детерминанта,

оказывающая влияние на породный состав древостоя, его бонитет; а гигротоп – и как косвенная, и как прямая. Как правило, наибольшая посещаемость отмечается на участках с влажными условиями местопроизрастания. Обычно в таких условиях растут тополевые и вербовые леса. Свежие условия менее привлекательны, это можно объяснить тем, что во влажных условиях летом дольше сохраняются травянистые растения, богаче кустарники. Мокрые же местоположения характеризуются лишь единичной посещаемостью, так как для них свойственны заболоченность и обилие беспокоящих насекомых.

2.4 Гидрология. Бесспорно, что наличие поблизости или на территории участка леса водного объекта (озера, реки и т.п.) существенно повышает рекреационную привлекательность лесного биогеоценоза. Об этом свидетельствуют многочисленные исследования [9, 10, 12-14].

Разработанная и описанная нами выше концепция биогеоценологических детерминант рекреационного лесопользования стала новым этапом в исследованиях по данному вопросу, активно проводимыми в Донбассе с 70-80-х годов прошлого столетия.

Изучением были охвачены леса степной природно-климатической зоны в пределах Донецкой области. Поскольку специфика биогеоценоза составляет ядро рекреационного потенциала леса, то в соответствии с этим признаком все леса района исследований были разделены на 3 основные рекреационные зоны: северная Придонцовская зона, относящаяся к долине реки Северский Донец; затем Центральная зона, приуроченная к Донецкому складчатому образованию (Донецкий кряж), и, наконец, южная зона с преобладанием искусственных посадок [15].

В Придонцовской зоне характер лесных массивов обусловлен особенностями террасово-долинного типа ландшафта. Территория представляет собой уникальный природно-культурно-исторический комплекс. С 1997 г. в пределах этой зоны функционирует первый на территории левобережной Украины национальный природный парк "Святые горы". Ландшафтной доминантой парка является река Северский Донец. На правом высоком берегу помимо характерных так называемых нагорных дубрав сохранились меловые боры, сформированные реликтом третичного периода – сосной меловой. В пределах широкой поймы Северского Донца хорошо выражены приустьевая часть, занятая привлекательными насаждениями тополя белого и ивы белой; центральная часть, представляющая кружево пойменных дубрав и заливных лугов; и, наконец, притеррасная часть, где сочетаются насаждения чёрной ольхи и озёра – старицы Северского Донца.

На территории парка произрастают также ясень обыкновенный, клёны остролистный, полевой и татарский, липа сердцелистная, тополя белый, чёрный и дрожащий (осина). Около озер и болот много ольхи чёрной, берёзы. Надпойменная песчаная терраса (арена) левобережья занята насаждениями сосны обыкновенной, уникальность которых заключается в том, что они созданы руками человека на месте господствовавших здесь перевиваемых ветром песчаных дюн.

Характеризуя Центральную зону рекреационных лесов, следует подчеркнуть, что она приурочена к Донецкому кряжу – возвышенной территории с развитой гидрографической сетью, в составе которой характерны балки, где произрастают весьма специфические так называемые байрачные леса. Вследствие этого зональная разнотравно-типчачково-ковыльная степь местами приобретает вид "байрачной степи". В основном распространены насаждения с преобладанием дуба. В хозяйственном отношении зона представляет территорию с высокой концентрацией городов и промышленных предприятий, что обуславливает значительную потребность в рекреационных ресурсах. Между тем байрачный лес в аспекте рекреации является менее изученным и менее подготовленным для организации отдыха в сравнении с северной зоной рекреационных лесов. Исключением являются зелёные зоны городов.

Южную зону рекреационных лесов отличает резко выраженный фактор географического несоответствия для произрастания лесной растительности. И действительно, небольшие участки леса естественного происхождения здесь крайне редки.

Вместе с тем, в характеризуемой зоне расположен уникальный Великоанадольский лес, основанный в 1843 г. Виктором Егоровичем Граффом. Позднее в той же зоне был заложен аналогичный массив под названием Азовская дача. В настоящее время оба объекта включены в состав природно-заповедного фонда. На основе описанного удачного опыта степного лесоразведения в южной зоне рекреационных лесов создаются и другие менее известные и не столь крупные участки лесных культур. В совокупности они играют важную рекреационную роль [16].

Из характеристики основных лесных рекреационных зон видно, что они обладают существенно различающимся рекреационным потенциалом. Причём сейчас отсутствует сколько-нибудь детальная и объективная его оценка, которая базировалась бы не на субъективном восприятии, а на научно обоснованных принципах. В настоящее время нами разрабатывается модель для оценки рекреационного потенциала, в основу которой положена детально рассмотренная выше концепция биогеоценотических детерминант. Данная модель позволит дифференцировать с достаточно высоким уровнем детализации леса степной зоны по степени рекреационного потенциала. Первый опыт такой оценки был изложен нами в работах [15, 17], в которых приводилась сравнительная оценка рекреационного потенциала пойменных и аренных лесов Придонцовья.

Выводы

1. Природный рекреационный потенциал лесов определяется их биогеоценотическими особенностями.

2. В структуре лесного биогеоценоза выделяются как прямые детерминанты рекреационного лесопользования, оказывающие непосредственное влияние на привлекательность объекта для отдыхающих, так и косвенные, влияющие на рекреационный потенциал опосредованно, путём воздействия на прямые детерминанты.

3. Наиболее мощными прямыми детерминантами рекреационного лесопользования являются среди элементов лесного биоценоза – видовой состав и полнота древостоя, высота и обилие живого напочвенного покрова, видовой состав и обилие подлеска; среди элементов лесного экотопа – специфика микро рельефа, наличие гидрологических объектов и особенности климатопа. В качестве косвенных детерминант выступают лесной микробиоценоз, зооценоз, эдафотоп.

4. Структурирование характеристик биогеоценоза на прямые и косвенные детерминанты приводит к выводу о том, что **мощное влияние на рекреационное лесопользование оказывают все основные лесотипологические факторы** (видовой состав древостоя, характер эдафотопа, характеристика живого напочвенного покрова). Следовательно, **тип леса** – это важнейшая интегральная биогеоценотическая детерминанта рекреационного лесопользования.

Список литературы

1. *Сытник К.М.* и др. Словарь-справочник по экологии. – К.: Наук. думка, 1994. – 682 с.
2. *Яковенко И.М.* Методические подходы к проведению эколого-рекреационного районирования территории (на примере Крыма) // Уч. зап. Таврического нац. ун-та. – 2000. – Т. 14 (53), № 1. – С. 56-64.
3. *Николаенко Д.В.* Рекреационная география: Учеб. пособ. – М.: Гуманит. изд. центр ВЛАДОС, 2001. – 288 с.
4. *Синельщиков Р.Г., Ермакова Е.В., Скрипник И.Г.* Типологический фактор рекреационно-туристического использования лесов Донбасса // Тез. доп. V міжнародн. наук.-практ. конф "Наукові і практичні проблеми створення і функціонування туристичних центрів і тематичних парків" (м. Донецьк, 27-28 травня 2005 р.). – Донецьк, 2005. – С. 161-163.
5. *Вайнштейн С.Ю.* Индустрия рекреационных и туристских комплексов.

6. *Кучерявий В.П.* Екологія. – Львів: Світ, 2001. – 500 с.
7. *Бельгард А.Л.* Степное лесоведение. – М.: Лесн. пром-сть, 1971. – 336 с.
8. *Ларина Т.Г.* Система зелёных насаждений как основной элемент экологической среды при рекреации // Бюллетень Никитского бот. сада. – 1987. – Вып. 63. – С. 9-13.
9. *Ретиас Э.* Оптимизация рекреационного лесопользования (на примере Литвы). – М.: Наука, 1994. – 240 с.
10. *Синельщиков Р.Г., Песоцкий В.И., Волошина Т.Г.* Рекреационные нагрузки и дигрессия лесов в долине Северского Донца // Тез. респ. конф. – Симферополь, 1977. – С. 143-144.
11. *Кондратюк Є.М., Хархота Г.І.* Словник – довідник з екології. – К.: Урожай, 1987. – 160 с.
12. *Генцирук С.А.* и др. Рекреационное использование лесов. – К.: Урожай, 1987. – 305 с.
13. *Свириденко В.С.* Лісівництво: Підручник. – К., 2004 – 576 с.
14. *Данильчук В.Ф., Алейникова Г.М.* и др. Методология оценки рекреационных территорий. – Донецк: ДИТБ, 2003. – 197 с.
15. *Ермакова Е.В., Синельщиков Р.Г.* Экологический приоритет безопасного рекреационного лесопользования на юго-востоке Украины // Зб. наук. праць Донецького держ. ун-ту управління "Реформування управління екологічною безпекою в промисловому регіоні". Сер. "Державне управління", 2006. – Т. 7, вип. 69. – С. 202-211.
16. *Донбас* заповідний. Науково-інформаційний довідник-атлас / Під загальною редакцією С.С. Куруленка, С.В. Третякова. – Донецьк, 2003. – 160 с.
17. *Раститюкова Ю.С., Ермакова Е.В.* Управленческие решения по сбережению и рациональному использованию лесных рекреационных ресурсов НПП "Святые Горы" // Зб. доп. V міжнар. наук. конф. аспірантів і студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 11-13 квітня 2006 р.). – Донецьк, 2006. – С. 197-198.

Синельщиков Р.Г., Ермакова О.В. Биогенотичні детермінанти рекреаційного лісокористування.

– Виявлено та досліджено роль біогенотичних детермінант у формуванні рекреаційного потенціалу лісових територій. Оцінено напрями та силу впливу кожної з виділених детермінант. Проведена їх систематизація за різними ознаками.

Ключові слова: рекреаційне лісокористування, рекреаційний потенціал, біогенотичні детермінанти, тип лісу, лісовий біоценоз, лісовий екотоп.

Sinelschikov R.G., Yermakova E.V. The biogeocenose determinants of recreation forest exploitation. – It was determined and investigated the role of biogeocenose determinant in formation of recreation potential of forest areas. It is estimated trend and power of influence for each of dedicated determinants. It is carried out its structuring by various characteristics.

Key words: recreation forest exploitation, recreational potential, biogeocenose determinants, forest type, forest biogeocenose, forest ecotope.

В.М. Скробала

**ЗАГАЛЬНІ ЗАКОНОМІРНОСТІ ФОРМУВАННЯ РОСЛИННОГО ПОКРИВУ
НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ: ПОПЕРЕДНЯ ОЦІНКА**

*Національний лісотехнічний університет України; 79057, м. Львів, вул. ген. Чупринки, 103
e-mail: skrobala@ukr.net*

Скробала В.М. Загальні закономірності формування рослинного покриву на території України: попередня оцінка. – На основі математичного моделювання методами добування даних встановлені комбінації екологічних параметрів, які визначають осі максимального варіювання рослинності. Запропоновано схему координації класів рослинності. Відзначено перспективність методів математичного моделювання для вирішення широкого кола завдань екологічного прогнозування.

Ключові слова: рослинність, екологічні закономірності, багатовимірна координація, математичне моделювання.

Вступ

Закономірності формування рослинного покриву найбільш виразно проявляються у межах малих річкових басейнів [4]. Територія будь-якого річкового басейну має чітку вертикальну структуру: найбільш підняті ділянки вододільних просторів (тут проходить межа сусідніх басейнів), схили вододілів, річкові тераси, заплава і дно водотоків. Фітокатена як послідовність рослинних угруповань, що розташовуються у напрямі гідрохімічного стоку у відповідності з топографічним положенням, може розглядатися в якості однієї із найбільш поширених форм впорядкування неоднорідності рослинного покриву [4]. Поділ території на малі річкові басейни і дослідження розподілу рослинного покриву в їх межах дозволяє визначити закономірності взаємозв'язків рослинного покриву з геоморфологічними, літологічними і гідрологічними характеристиками земної поверхні [18]. Формування рослинного покриву більшою мірою залежить також від антропогенного навантаження [16]. Різка зміна флористичного складу синантропної рослинності у порівнянні із природним фоном не дозволяє використати традиційні методи геоботанічних досліджень для визначення комплексних градієнтів середовища.

Результати індуктивного підходу (від часткового до загального) у дослідженнях закономірностей формування рослинного покриву відображено у багатьох наукових працях вітчизняних учених [2, 3, 6, 9, 11-13, 16, 18]. Завдання наших досліджень полягало у використанні сучасних технологій оброблення геоботанічної інформації, що характеризують дедуктивні підходи (від загального до часткового) для вивчення механізму становлення потенційних фітоценоструктур.

Матеріал і методи досліджень

Враховуючи складність рослинного покриву як об'єкта математичного моделювання і відсутність розвиненої методології математичного моделювання складних систем [10], у даній роботі використовували якісно нові підходи для прийняття рішень в умовах невизначеності – методи "добування даних" [7, 14]. "Добування даних" – це процес аналітичного дослідження великих масивів інформації з метою виявлення певних закономірностей і залежностей між змінними (скритих знань), які можна застосувати до нових сукупностей даних, та достовірного прогнозування процесів і явищ [7].

Теоретичною базою наших досліджень слугувала синтаксономічна схема рослинності України [15]. Основу геоботанічної інформації становлять відомості про екологічні характеристики понад дев'ятисот діагностичних видів за дев'ятьма параметрами: T_m – термічний режим, K_p – континентальність клімату, O_m – омброклімат, C_r – кріоклімат, H_d – вологість ґрунту, T_r – вміст солей, R_c – кислотність ґрунту, N_t – мінеральний азот, L_c – режим освітленості – затінення [5, 15, 17]. Дослідження включали три основні етапи: вивчення структури взаємного розташування рослинних видів у багатовимірному просторі ознак екологічних параметрів, математичне моделювання структури та перевірку математичної моделі [14]. Кожний вид можна представити у вигляді точки у

дев'ятивимірному просторі ознак, координати якої відповідають значенням параметрів екологічних режимів [1, 7, 8]. У цьому випадку подібність видів за сукупністю екологічних параметрів можна визначити на основі відстаней між точками [8]. Належність діагностичних видів до певного класу рослинності дозволяє розбити багатовимірний простір екологічних параметрів на окремі гіпероб'єми, що відповідають цим класам, визначити їх межі та багатовимірні центри (центроїди). Оцінку взаємного розташування точок виконували шляхом багатовимірного масштабування із врахуванням інформації про належність діагностичних видів до певного класу рослинності [1, 7, 8]. Перевірку математичної моделі виконували на основі порівняльної оцінки положення центроїдів класів рослинності на осях комплексних градієнтів середовища із результатами геоботанічних досліджень та даними літературних джерел [2, 3, 5, 6, 9, 11-13, 16-19].

Результати й обговорення

Завдяки унікальному географічному положенню, великій площі та наявності двох гірських систем (Українські Карпати і Гірський Крим) територія України характеризується різноманітністю екотопів і рослинних угруповань [15, 18]. Синтаксономічна схема рослинності України включає понад п'ятсот асоціацій, віднесених до п'ятидесяти п'яти класів системи Браун-Бланке (табл. 1). У зв'язку із відсутністю зведених відомостей про екологічні умови місцезростання виділених асоціацій для попередньої оцінки закономірностей формування рослинного покриву можна використати інформацію щодо діагностичних видів синтаксонів різного рангу. У загальному випадку положення діагностичних видів і центроїдів класів рослинності у просторі екологічних факторів визначається за формулою:

$$Factor_j = \sum_{i=1}^9 (k_{ij} * \frac{x_i - M_i}{\sigma_i}), i, j = 1 \dots 9,$$

де $Factor_j$ – осі максимального варіювання рослинності (комплексні градієнти середовища); x – значення екологічного параметра, бали; M – середня арифметична величина, бали; σ – стандартне відхилення; k – коефіцієнт; i – порядковий номер екологічного фактора; j – порядковий номер осі багатовимірного простору.

Таблиця 1

Перелік класів рослинності та результати їх багатовимірної координації

Клас рослинності	Положення на осях максимального варіювання рослинності		
	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>
1. Montio-Cardaminetea Br.-Bl et R. Tx., 1943	2,80	-1,74	-0,03
2. Loiseleurio-Vaccinietea Egger, 1952 et Schub., 1960	5,29	0,35	-0,41
3. Juncetea trifidi Hadac in Klika et Hadac, 1944	4,10	0,25	-0,32
4. Thlaspietea rotudifolii Br.-Bl., 1947	0,42	1,62	-0,21
5. Carici rupestris-Korisietea bellardii Ohba, 1974	2,66	1,69	-1,43
6. Betulo-Adenostyletea Br.-Bl., 1948	1,58	-0,41	0,85
7. Asplenieta trichomanis Br.-Bl., in Meyer et Br.-Bl., 1934 corr. Oberd., 1977	0,92	0,34	1,81
8. Helianthemo-Thymetea Romaschenko, Didukh et V.Sl., 1996	-0,30	2,19	0,07
9. Lemneta de Bolos et Masclans. 1955	0,02	-1,61	-0,23
10. Potametea Klika in Klika et Novak, 1941	0,20	-2,12	0,28
11. Zosteretea Ping., 1953	0,51	-4,02	1,04
12. Scheichzerio-Caricetea nigrae (Nordh., 1936) R. Tx., 1937	3,77	0,47	-0,85
13. Oxycocco-Sphagnetea Br.-Bl. et R. Tx., 1943	5,71	0,34	-1,57
14. Phragmiti-Magnocaricetea Klika in Klika et Novak, 1941	0,80	-0,72	-0,12
15. Molinio-Arrhenatheretea R. Tx., 1937	0,50	0,30	-0,06
16. Nardo-Callunetea Prsg., 1949	2,45	0,37	-0,54

Клас рослинності	Положення на осях максимального варіювання рослинності		
	<i>Factor 1</i>	<i>Factor 2</i>	<i>Factor 3</i>
17. Ammophiletea Br.-Bl. et R. Tx., 1943	-1,91	1,11	-0,76
18. Sedo-Scleranthetea Br.-Bl., 1955	0,66	0,95	-0,48
19. Festucetea vaginatae Soo, 1968 em Vicherek, 1972	-0,82	1,54	-0,09
20. Thero-Brachypodietea Br.-Bl., 1947	-0,93	1,27	-0,41
21. Onosmo polyphyllae-Ptilostemetea Korzh., 1990	-2,84	1,12	0,53
22. Festuco-Brometea Br.-Bl. et R. Tx., 1943	-0,70	1,20	0,07
23. Festuco-Limonietea Karpov et Mirk., 1986	-1,43	2,66	0,29
24. Asteretea tripolium Westhoff et Beeftink, 1962 ex Beeftink, 1962	-1,46	0,07	-0,93
25. Festuco-Puccinellietea Soo, 1968	-1,74	1,22	-0,42
26. Salicornietea fruticosae (Br.-Bl. et R. Tx., 1943) R. Tx. et Oberd., 1958	-3,58	-0,60	-0,92
27. Bolboschoenetetea maritimi Vicherek et R. Tx., 1969 ex R. Tx. et Hulb., 1971	-1,76	-0,07	-0,48
28. Thero-Suadetea maritimaе Vicherek, 1973	-2,17	-1,50	-1,41
29. Thero-Salicornietea R. Tx., 1954 ap. R. Tx. et Oberd., 1958	-2,74	-2,68	-1,57
30. Juncetea maritimi Br.-Bl. et al., 1952 em Beefink, 1965	-1,39	-0,67	-1,16
31. Cakilietea maritimaе R. Tx. et Prsg. in R. Tx., 1950	-3,12	-0,87	-1,18
32. Crypsietea aculeatae Vicherek, 1973	-1,40	0,77	-0,05
33. Crithmo-Staticetea Br.-Bl., 1947	-2,79	0,79	-0,70
34. Alnetea glutinosae Br.-Bl. et R. Tx., 1943 em Muller et Gors, 1958	1,63	-1,01	0,87
35. Salicetea herbaceae Br.-Bl. et al., 1947	3,31	0,27	-1,22
36. Vaccinio-Piceetea Br.-Bl. in Br.-Bl., Siss. et Vlieger, 1939	3,50	0,03	0,95
37. Erico-Pinetea Horvat, 1959	0,17	0,18	1,11
38. Querco-Fagetea Br.-Bl. et Vlieger, 1937	0,80	-0,71	2,11
39. Quercetea pubescenti-petraeae Jakucs, (1960) 1961	-1,69	0,94	1,64
40. Urtico-Sambucetea Doing, 1962 em Pass., 1968	0,03	-0,04	0,78
41. Robinietea Jurko ex Hadac et Sofron, 1980	0,08	-0,37	1,59
42. Agropyretea repentis Oberd., Th. Mull. et Gors in Oberd. et al., 1967	-1,28	0,76	0,24
43. Artemisietea vulgaris Lohm., Prsg. et R. Tx. in R. Tx., 1950	-0,90	0,43	0,04
44. Chenopodietea Br.-Bl., 1951 em Lohm., J. et R. Tx., 1961 ex Matsz., 1962	-1,16	0,50	-0,27
45. Plantaginetea majoris R. Tx. et Prsg. in R. Tx., 1950	-0,59	0,20	-0,23
46. Bidentetea tripartiti R. Tx., Lohm. et Prsg., 1950	-0,45	-0,58	-1,31
47. Epilobietea angustifolii R. Tx. et Prsg. in R. Tx., 1950	1,38	-0,44	1,30
48. Galio-Urticetea Pass., 1967 em Kopecky, 1969	0,06	-0,37	0,68
49. Secalietea Br.-Bl., 1951	-0,77	0,58	-0,44
50. Orysetea sativae Mijawaki, 1960	-0,83	-0,94	-0,14
51. Isoeto-Nanojuncetea Br.-Bl. et R. Tx. ex Westhoff, Dijk et Passchier, 1946	-0,45	0,06	-0,52
52. Salicetea purpureae Moor, 1958	0,46	-0,23	0,73
53. Trifolio-Geranietea Th. Mull., 1961	0,58	0,11	1,21
54. Glycyrrhizetea glabrae V. Golub et Mirkin in V. Golub, 1995	-3,38	2,17	2,00
55. Ruppietea J. Tx., 1960	-1,79	-5,14	0,31

Математичне моделювання закономірностей формування рослинного покриву на основі екологічних характеристик діагностичних видів пов'язане із двома основними проблемами. Інформація щодо окремих класів рослинності розподілена досить нерівномірно. Класи характеризуються різним обсягом синтаксонів і відповідних їм діагностичних видів [15], тобто займають різний гіпероб'єм у багатовимірному просторі екологічних параметрів. В окремих випадках встановити межі класу практично неможливо. Це, зокрема, стосується класів Montio-Cardaminetea, Zosteretea, Thero-Salicornietea, Juncetea maritimi, Cakilietea maritimaе, Ruppietea. У зв'язку з цим використання складних методів математичного моделювання неодмінно супроводжується втратою інформації щодо названих класів рослинності. Друга проблема полягає у тому, що екологічна інформація на рівні

діагностичних видів характеризується високим ступенем невизначеності. Унаслідок широкої екологічної амплітуди окремі види можуть діагностувати різні синтаксони (межами свого розподілу або високою постійністю та рясністю), виступаючи, таким чином, в якості диференціальних або характерних видів [15]. Такі види можуть стати причиною істотної похибки при визначенні меж класів рослинності у випадку малої кількості діагностичних видів. Великою мірою це стосується класів високогірної рослинності, оскільки екологічні шкали Д.Н. Циганова не охоплюють багатьох діагностичних видів високогір'я Українських Карпат [17].

Ідея наших досліджень полягала у математичному моделюванні структури розташування діагностичних видів і центроїдів класів рослинності у гіперпросторі ознак. Оскільки візуально неможливо розпізнати структуру у багатовимірному просторі, основна увага приділялася методам багатовимірної ординації [1, 7, 8, 14]. Завдання математичного моделювання полягало у заміні безладного масиву чисел на такий розкид точок, що допоміг би виявити його структуру як відображення екологічних закономірностей [14].

Оскільки екологічні параметри місцезростань корельовані між собою (рис. 1), дані спостережень можна пояснити невеликою кількістю нових змінних, які безпосередньо не вимірюються, але можуть бути отримані через лінійну комбінацію вхідних даних [1, 7, 8]. Це дає змогу зменшити вимірність простору спостережень. Графічно процедура розрахунків зводиться до переміщення початку координат у центр даних і повороту осей координат таким чином, щоб абсциса проходила у напрямі максимальної дисперсії множини даних (рис. 2).

Зменшення вимірності простору ознак дало нам змогу виконати попередній аналіз геометричної структури даних на основі графічної візуалізації та аналізу взаємозв'язку між множиною екологічних параметрів шляхом простого опису їх структури (див. рис. 1–2). Перша вісь максимального варіювання рослинності пояснює 49,5% загальної дисперсії даних. Координація класів рослинності на першій осі кліматично-едафічної сітки визначається такою структурою взаємозв'язків між екологічними факторами: із збільшенням температури повітря зменшується показник зволоженості клімату, погіршується режим вологозабезпеченості ґрунту, зростають засоленість і рН ґрунту, освітленість у ценозі (див. рис. 1). Значення першого фактора відображають закономірності широтної зональності і вертикальної поясності та залежать в основному від температурного режиму (коефіцієнт кореляції $r = -0,88$), кріорежиму ($r = -0,87$), режиму зволоженості клімату ($r = 0,83$), вмісту солей у ґрунті ($r = -0,85$), кислотності ґрунту ($r = -0,84$), вмісту азоту в ґрунті ($r = -0,60$). Низькими значеннями першої головної компоненти Factor₁ характеризуються класи рослинності *Salicornietea fruticosae*, *Glycyrrhizetea glabrae*, *Sakilietea maritimae*, *Onosmo polyphyllae-Ptilostemetea*, *Crithmo-Staticetea*, *Thero-Salicornietea*. Так клас *Salicornietea fruticosae* об'єднує угруповання багаторічних сукулентних облігатних галофітів на місцезростаннях із важко доступною для рослин вологою (Присивашся, узбережжя Азовського моря) [15]. Клас *Sakilietea maritimae* формують угруповання облігатних піонерних галофільних та нітрофільних видів морських узбереж України, які започатковують еколого-ценотичний ряд літоральних геосистем, що зазнають постійної ерозії під впливом прибою [15]. Із рослинних видів низькими значеннями першої головної компоненти характеризуються *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb., *Pistacia vera* L., *Amaranthus blitoides* S.Wats., *Artemisia annua* L., *Salsola soda* L., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach, *Centaurea diffusa* Lam., *Xanthium spinosum* L., *Ranunculus arvensis* L., *Cynodon dactylon* (L.) Pers., *Botriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Kochia prostrata* (L.) Schrad., *Achillea micrantha* Willd. тощо.

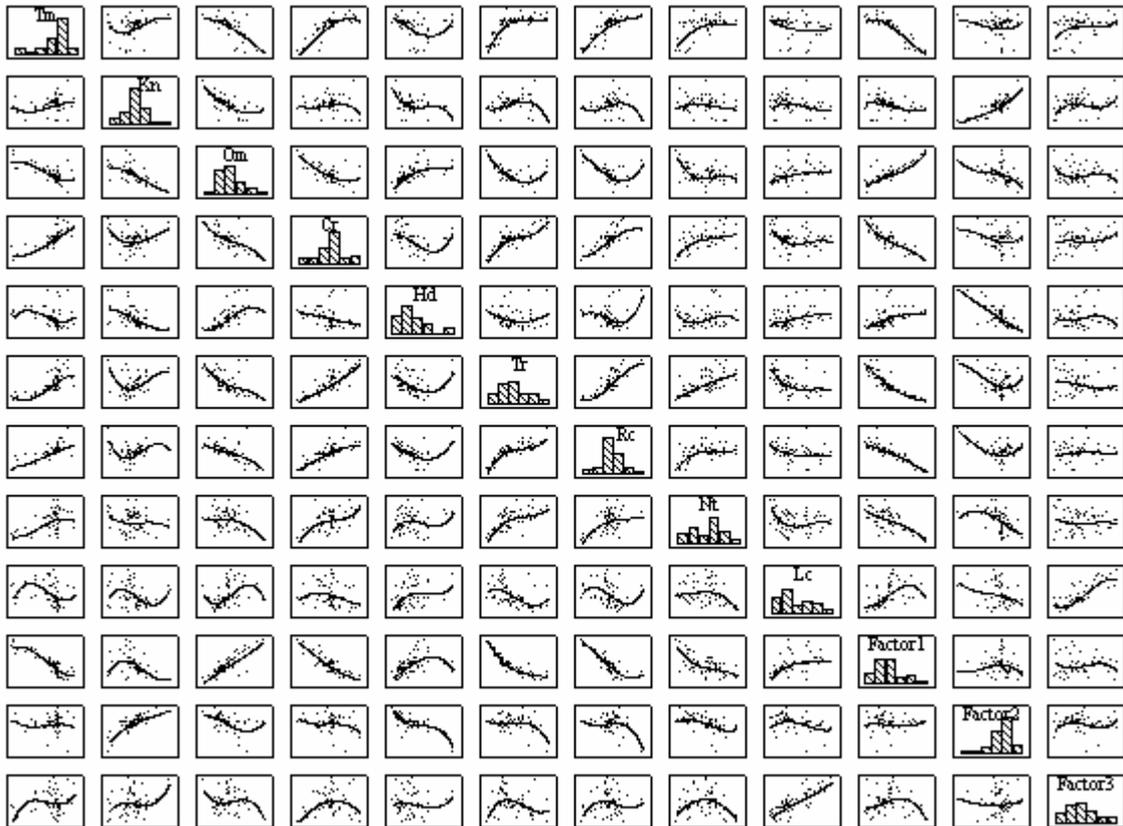


Рис. 1. Діаграма залежності між екологічними параметрами місцезростань та комплексними градієнтами середовища

Умовні позначення: Тм – термічний режим, Кп – континентальність клімату, Ом – омброклімат, Сг – кріоклімат, Hd – вологість ґрунту, Tr – вміст солей, Rc – кислотність ґрунту, Nt – мінеральний азот, Lc – режим освітленості-затіннення, Factor_i – комплексні градієнти середовища.

Високі значення першої головної компоненти властиві класам високогірної рослинності, угруповання яких формуються на кислих і бідних на поживні речовини ґрунтах: *Oxycocco-Sphagnetea*, *Loiseleurio-Vaccinietaea*, *Juncetea trifidi*, *Scheichzerio-Caricetea nigrae*, *Salicetea herbaceae*, *Montio-Cardaminetea*, *Carici rupestris-Korisietea bellardii*. До видів із високими значеннями першої головної компоненти належать: *Vaccinium uliginosum* L., *Chamaedaphne calyculata* (L.) Moench, *Linnaea borealis* L., *Oxycoccus microcarpus* Turcz. ex Rupr., *Rhodococcum vitis-idaea* (L.) Avror., *Andromeda polifolia* L., *Salix herbacea* L., *Oxycoccus palustris* Pers., *Vaccinium myrtillus* L., *Woodsia alpina* (Bolt.) S.F.Gray, *Eriophorum vaginatum* L., *Huperzia selago* (L.) Bernh. ex Schrank et Mart., *Drosera rotundifolia* L. та інші.

Звичайно, закономірності формування рослинності у високогір'ї Українських Карпат відрізняється іншою системою взаємозв'язків між екологічними параметрами у порівнянні із рослинним покривом рівнинної частини. Використання детальної екологічної інформації [9] у рамках перевірки математичної моделі дозволило уточнити координацію класів високогірної рослинності. Уточнений еколого-ценотичний ряд високогірної рослинності має такий вигляд: *Betulo-Adenostyletea*, *Vaccinio-Piceetea* (тільки асоціація *Vaccinio myrtilli-Pinetum mughi* Sill. 1933), *Montio-Cardaminetea*, *Phragmiti-Magnocaricetea* (тільки високогірні асоціації), *Thlaspietea rotundifolii*, *Scheuchzerio-Caricetea nigrae*, *Oxycocco-Sphagnetea*, *Nardo-Callunetea*, *Asplenieta trichomanis*, *Carici rupestris-Korisietea bellardii*, *Elyno-Seslerietea* Br.-Bl. 1948, *Loiseleurio-Vaccinietaea*, *Salicetea herbaceae*, *Juncetea trifidi*.

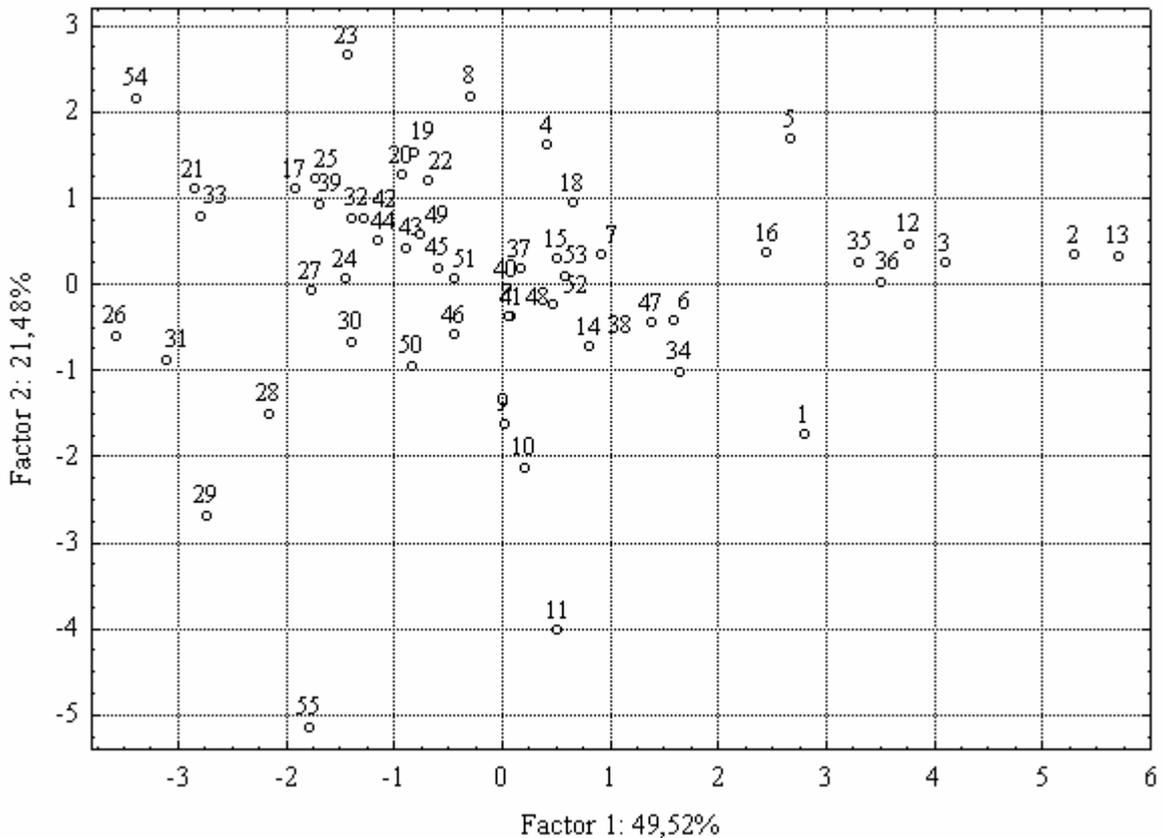


Рис. 2. Двовимірна координація класів рослинності за результатами класичного багатовимірного масштабування

Примітка. Цифрова нумерація класів рослинності відповідає їх порядковому номеру у таблиці.

Друга вісь додатково пояснює 21,5% загальної дисперсії. Значення другого фактора відображають закономірності довготної поясності: зменшення вмісту вологи й азоту в ґрунті, зростання випаровування, зменшення кількості опадів на фоні збільшення континентальності клімату. Збільшення вмісту вологи у ґрунті виступає екологічним еквівалентом зменшення континентальності клімату (зменшення амплітуди температурних коливань за рахунок високої питомої теплоємності води). Указана закономірність пояснює можливість існування степових лісів в умовах географічної невідповідності та інтразональний характер рослинності перезволожених місцезростань. Значення функції $Factor_2$ в основному залежить від континентальності клімату ($r = 0,80$), вмісту вологи у ґрунті ($r = -0,76$), вмісту азоту у ґрунті ($r = -0,48$), режиму зволоженості клімату ($r = -0,44$). Низькими значеннями другого фактора характеризуються види *Zostera marina* L., *Ruppia maritima* L., *Zannichellia palustris* L., *Suaeda salsa* (L.) Pall., *Myriophyllum alteriflorum* DC., *Najas marina* L., *Batrachium aquatile* (L.) Dumort., *Cakile euxina* Pobed., а високими – *Helictotrichon schellianum* (Hack.) Kitag., *Eremopyrum orientale* (L.) Jaub. et Spach, *Tanacetum millefolium* (L.) Tzvel., *Agropyron pectinatum* (Bieb.) Beauv., *Stipa capillata* L., *S. lessingiana* Trin. et Rupr., *Botriochloa ischaemum* (L.) Keng, *Halocnemum strobilaceum* (Pall.) Bieb.

Третя вісь максимального варіювання рослинності, яка додатково пояснює 9,8% загальної дисперсії даних, в основному визначається фактором освітленості у ценозі ($r = 0,82$). Екологічний ряд, з однієї сторони, формують світлолюбиві види; з іншої сторони – тіневитривалі рослини лісової рослинності (Quercus-Fagetea). Результати обчислень підтверджують наукові дані про те, що формування рослинного покриву, у першу чергу, визначається кліматичними факторами [17]. Едафічні фактори, які більшою мірою пов'язані із геоморфологічними, гідрологічними умовами регіонального характеру, займають друге місце за своєю значущістю, хоча чіткої межі між цими двома групами факторів неможливо

провести у зв'язку із складною системою взаємозв'язків. Найменшою одиницею у трьохчленній ієрархії (після кліматопу й едафотопу) є ценотоп (режим освітленості), оскільки ценотично обумовлені фактори залежать тільки від складу, структури і стану рослинного покриву.

Дві головні компоненти забезпечують всього 71% загальної дисперсії, тому для багатьох цілей аналізу не завжди достатньо використовувати тільки двовимірну проекцію вихідної матриці даних (див. рис. 2). Так, на схемі центроїди класів Phragmiti-Magnocaricetea і Quercu-Fagetea займають близьке положення, проте відстань між цими класами є досить істотною за рахунок значень решти семи комплексних факторів. На основі відстані Евкліда від центроїда класу Phragmiti-Magnocaricetea вибудовується така послідовність різнонаправлених у багатовимірному просторі ознак класів: Salicetea purpureae, Alnetea glutinosae, Molinio-Arrhenatheretea, Isoeto-Nanojuncetea, Galio-Urticetea, Urtico-Sambucetea, Potametea, Lemnetea, Plantaginetea majoris, Epilobieteae angustifolii і т.д.

Найменшою відстанню до центру координат характеризується клас Molinio-Arrhenatheretea. Центральним положенням у багатовимірному просторі екологічних ознак характеризуються класи синантропної рослинності: Plantaginetea majoris, Urtico-Sambucetea, Secalietea, Artemisietea vulgaris, Chenopodietea, Galio-Urticetea, Agropyreteae repentis, а також Phragmiti-Magnocaricetea і меншою мірою Festuco-Brometea. Завдяки широкій амплітуді толерантності видів, які формують рослинні угруповання цих класів, та центральному положенню у гіперпросторі екологічних ознак, вказана рослинність характеризується найбільшою конкурентною здатністю в умовах посиленого антропогенного навантаження.

Результати математичного моделювання дозволяють наближено оцінювати динаміку та ступінь антропогенних змін рослинного покриву в категоріях напряму та відстані в багатовимірному просторі екологічних ознак. Так, руйнування лісової рослинності та формування на її місці лучної або синантропної супроводжується процесами ксерофітизації (зменшення вологозабезпеченості ґрунту, зростання показників температурного режиму і континентальності), алкалізації (зростання рН ґрунту), збільшення освітленості. На двовимірній схемі координації класів рослинності це знаходить своє відображення у зменшенні значень першої головної компоненти та збільшенні значень другої (див. рис. 2). Початковим етапом антропогенної трансформації рослинності класу Quercu-Fagetea є формування угруповань класів Robinietea, Epilobieteae angustifolii, Urtico-Sambucetea, Galio-Urticetea, Trifolio-Geranietea, Molinio-Arrhenatheretea, а далі – Plantaginetea majoris, Artemisietea vulgaris, Agropyreteae repentis, Secalietea, Chenopodietea (див. табл. 1, рис. 2).

Висновки

Наведені у статті результати багатовимірної координації рослинності на рівні класів системи Браун-Бланке є прикладом математичної формалізації синтаксономічної схеми рослинності, завдяки якій якісну інформацію представлено у вигляді чисел і математичних виразів. Таким чином, геоботанічну інформацію можна трактувати в категоріях напряму та відстані у багатовимірному просторі ознак. Координація класів рослинності на першій осі максимального варіювання є відображенням широтної зональності та вертикальної поясності і визначається такою структурою взаємозв'язків між екологічними факторами: із збільшенням температури повітря зменшується показник зволоженості клімату, погіршується режим вологозабезпеченості ґрунту, зростають засоленість і рН ґрунту, освітленість у ценозі.

Список літератури

1. Айвазян С.А., Бухштабер В.М., Енюков И.С., Мешалкин Л.Д. Прикладная статистика: Классификация и снижение размерности. – М.: Финансы и статистика, 1989. – 607 с.
2. Афанасьев Д.Я. Рослинність УРСР: Природні луки. – К.: Наук. думка, 1968. – 256 с.
3. Бельгард А.Л. Лесная растительность юго-востока УССР. – К.: Изд-во Киев. ун-та,

1950. – 263 с.
4. *Восточноевропейские леса: история в голоцене и современность* / Отв. ред. О.В. Смирнова. – М.: Наука, 2004. – Кн. 2. – 575 с.
 5. *Дідух Я.П., Плюта П.Г. Фітоіндикація екологічних факторів.* – К.: Наук. думка, 1994. – 280 с.
 6. *Дубына Д.В., Гейны С., Гроудова З. и др. Макрофиты – индикаторы изменений природной среды.* – К.: Наук. думка, 1993. – 434 с.
 7. *Дюк В., Самойленко А. Data Mining: Уч. курс.* – С.Пб.: Питер, 2001. – 368 с.
 8. *Енюков И.С. Методы, алгоритмы, программы многомерного статистического анализа.* – М.: Финансы и статистика, 1986. – 232 с.
 9. *Малиновський К.А., Крічфалушій В.В. Високогірна рослинність.* – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 230 с.
 10. *Миркин Б.Г. Анализ качественных признаков и структур.* – М.: Статистика, 1980. – 349 с.
 11. *Рослинність УРСР. Болота.* – К.: Наук. думка, 1969. – 243 с.
 12. *Рослинність УРСР. Ліси.* – К.: Наук. думка, 1971. – 460 с.
 13. *Рослинність УРСР. Степи, кам'янисті відслонення, піски.* – К.: Наук. думка, 1973. – 428 с.
 14. *Скробала В.М. Використання методів добування даних у фітоценологічних дослідженнях // Журнал агробіології та екології.* – 2004. – Т. 1, № 1-2. – С. 196-201.
 15. *Соломаха В.А. Синтаксономія рослинності України // Укр. фітоцен. зб. Сер. А.* – 1996. – № 4 (5). – 119 с.
 16. *Соломаха В.А., Костильов О.В., Шеляг-Сосонко Ю.Р. Синантропна рослинність України.* – К.: Наук. думка, 1992. – 252 с.
 17. *Цыганов Д.Н. Фитоиндикация экологических факторов в подзоне хвойно-широколиственных лесов.* – М.: Наука, 1983. – 198 с.
 18. *Шеляг-Сосонко Ю.Р., Осычнюк В.В., Андриенко Т.Л. География растительного покрова Украины.* – К.: Наук. думка, 1982. – 286 с.
 19. *Ellenberg H., Weber H.E., Dull R. et al. Zeigerwerte von Pflanzen in Mitteleuropa // Scripta geobot.* – 1992. – Vol. 18. – 258 s.

Скробала В.М. Общие закономерности формирования растительного покрова на территории Украины: предварительная оценка. – На основе математического моделирования методами добычи данных установлены комбинации экологических параметров, которые определяют оси максимального варьирования растительности. Предложена схема координации классов растительности. Отмечена перспективность методов математического моделирования для решения широкого круга заданий экологического прогнозирования.

Ключевые слова: растительность, экологические закономерности, многомерная координация, математическое моделирование.

Skrobala V.M. General peculiarities of forming of vegetative cover on the Ukraine territory: a preliminary assessment. – On the basis of mathematical modelling by the data mining methods the combinations of ecological parameters which determine the axes of the maximal varying of vegetation are set. The chart of co-ordination of vegetation classes is offered. Perspective of methods of mathematical modelling for the decision of wide circle of tasks of ecological prognostication is marked.

Keywords: vegetation, ecological peculiarities, multidimensional co-ordination, mathematical modeling.

УДК 594 (282.243.7.044)

М.М. Джуртубаев, В.В. Заморов, Н.И. Беленкова
МАКРОЗООБЕНТОС ОЗЕРА КИТАЙ

*Одесский национальный университет им. И.И. Мечникова;
65058, г. Одесса, Шампанский переулок, 2; e-mail: hydrobiologia@mail.ru*

Джуртубаев М.М., Заморов В.В., Беленкова Н.И. Макрозообентос озера Китай. – По материалам трех экспедиций 2004 г. изучали макрозообентос озера Китай – одного из крупнейших в Придунавье. Обнаружено 23 вида из 22 родов и 16 семейств. Частота встречаемости большинства видов 30-60%. Средняя численность и биомасса возрастают от весны к лету и резко уменьшаются осенью. По численности доминируют олигохеты и личинки хирономид, в биомассе – моллюски.

Ключевые слова: озеро Китай, зообентос, видовой состав, численность, биомасса.

Введение

Придунайские озера Китай, Котлабух, Ялпуг, Кугурлуй, Кагул – крупнейший озерный район в Украине [1]. Это уникальный природный комплекс, равного которому нет во всей южной Европе.

Озеро Китай, как и другие придунайские озера, играет важную экологическую и экономическую роль в Придунавье. Вода используется для орошения, ведется промысел рыбы. Однако экологическая ситуация на озере довольно сложная. По гидрохимическим показателям озеро Китай среди придунайских озер – одно из худших [2].

Площадь озера – около 60 км², объем – 102 млн. м³, средняя глубина – 1,7 м, максимальная – 5,0 м. Длина озера 25 км, ширина – 3 км [1]. Большая часть дна занята илистым грунтом. Узкая средняя часть делит озеро на два плеса – северный и южный [3].

Гидробиологические исследования на Китае проводятся давно [4,5]. Из работ последних лет отметим комплексное исследование придунайских озер, выполненное в 2000-2002 гг. по международному проекту "Придунайские озера: устойчивое сохранение и восстановление естественного состояния экосистем". В ходе исследования большое внимание было уделено зообентосу [6]. В настоящее время гидробиологические и ихтиологические исследования на озерах проводит кафедра гидробиологии и общей экологии Одесского национального университета им. И.И. Мечникова.

Цель данной работы – исследовать зообентос озера Китай в современных условиях. Задачи работы: изучить таксономический состав зообентоса, распределение видов по акватории озера, а также численность и биомассу.

Объект исследования – жизнь в бентали придунайских озер. Предмет исследования – зообентос озера Китай.

Материал и методы исследований

Материал собирали в апреле, августе и октябре 2004 г. на шести станциях (рис. 1) на глубине 1,8–2,1 м.

Пробы собирали штанговым дночерпателем (площадь захвата 0,02 м²); по два дночерпателя на станции. Грунт на ст. 1 – серый песчаный ил, на остальных – темно-серый ил. Всего собрано и обработано по стандартной методике [7] 18 проб зообентоса.

Результаты и обсуждение

Всего обнаружено 23 вида из 22 родов и 16 семейств: полихет – 1 вид, олигохет – 6, пиявок – 1, амфипод – 3, мизид – 1, декапод – 1, личинок хирономид – 3, брюхоногих моллюсков – 4 и двусторчатых моллюсков – 3 вида (табл. 1).

В низовье озера (ст. 5, 6) найдено 18 видов. Однако верховье (ст. 1, 2) и средняя часть озера (ст. 3, 4) по количеству найденных видов ненамного беднее, соответственно, 16 и 15 видов.

Весной в озере обнаружено 12 видов, летом – 20, осенью – 9 видов. По всей акватории встречались олигохеты *P. hammoniensis*, *P. barbatus*, *L. udekemianus*, амфипода *D. villosus*, гастроподы *V. contectus*, *B. tentaculata*, *U. pictorum*, личинки *Ch. plumosus*. Только весной встречались полихеты *H. invalida*, амфипода *Ch. warpachowskyi*; летом – амфипода *C. curvispinum*, мизида *P. intermedia*, брюхоногие моллюски *L. naticoides*, *B. tentaculata*, *F. esperi*, личинки *C. gr. defectus*. Еще один представитель хирономид – *T. punctipennis* встречался только в осенних пробах.



Рис. 1. Схема распределения бентосных станций на озере Китай: 1-6 – бентосные станции

Только *Ch. plumosus* во все сезоны характеризовался 100% частотой встречаемости, у большинства видов этот показатель составляет 30-60%: *H. invalida*, *P. intermedia* и личинки *T. punctipennis* встречались менее чем в 30% проб. Численность и биомасса зообентоса представлены в таблице 2.

Средняя численность, в целом, по озеру возрастает от весны к лету, затем резко снижается осенью. Наибольшая среднегодовая численность зафиксирована в средней части озера – около 1800 экз./м². В верховье и низовье среднегодовая численность одинакова – 1580-1590 экз./м². Во всех частях озера зообентос наиболее многочислен летом – до 2600 экз./м² в средней части озера. В это же время по всей акватории была отмечена и

наибольшая биомасса, достигающая в верховье 19,7 г/м². В отличие от численности, ббольшая биомасса зафиксирована не в средней части озера, а в его верховье и низовье, что в значительной степени объясняется распределением крупных и мелких форм. Например, в средней части озера весной в пробах отсутствовали крупные моллюски – *V. contectus*, *U. pictorum*, *H. pontica*.

Таблица 1

Таксономический состав макрозообентоса озера Китай в 2004 г.
(вид обнаружен: "в" – весной, "л" – летом, "о" – осенью)

Таксоны	Верховье	Средняя часть озера	Низовье
<i>Polychaeta</i> Семейство <i>Ampharetidae</i> <i>Hypania invalida</i> (Grube, 1860)	- - -	- - -	В - -
<i>Oligochaeta</i> Семейство <i>Tubificidae</i> <i>Potamotrix hammoniensis</i> (Michael, 1901) <i>Psammoryctides barbatus</i> (Grube, 1861) <i>P. sowerby</i> (Grube, 1861) <i>Limnodrilus udekemianus</i> Claparede, 1862 <i>Branchiura sowerbyi</i> (Grube, 1861) Семейство <i>Naididae</i> <i>Ophidonais serpentina</i> (O.F. Muller, 1773)	В л - В л о - - - - л - В л - В л -	- л - - л - В л - В л о - - - В л о	В л - В л о - л - В л о В л - - - -
<i>Hirudinea</i> Семейство <i>Erpobdellidae</i> <i>Erpobdella octoculata</i> (Linnaeus, 1758)	- л -	- - -	- л о
<i>Amphipoda</i> Семейство <i>Gammaridae</i> <i>Dikerogammarus villosus</i> (Sow., 1894) <i>Chaetogammarus warpachowskyi</i> G. Sars, 1875 Семейство <i>Corophiidae</i> <i>Corophium curvispinum</i> G. Sars, 1875	В л о - л - - - -	- л о - л - - - -	В л о - - - - л -
<i>Mysidacea</i> Семейство <i>Mysidae</i> <i>Paramysis intermedia</i> (Czern., 1882)	- - -	- - -	- л -
<i>Decapoda</i> Семейство <i>Xanthidae</i> <i>Rhithropanopeus harrisi tridentata</i> Maitland, 1847	- - -	- л о	- л о
<i>Diptera</i> Семейство <i>Chironomidae</i> <i>Larva Chironomus plumosus</i> Linnaeus, 1758 <i>Larva Cryptochironomus gr. defectus</i> Kieffer, 1921 <i>Larva Tanypus punctipennis</i> Meigen, 1818	В л о - л - - - -	В л о - л - - - о	В л о - - - - - -
<i>Gastropoda</i> Семейство <i>Viviparidae</i> <i>Viviparus contectus</i> (Millet, 1813) Семейство <i>Lithoglyphidae</i> <i>Lithoglyphus naticoides</i> C. Pfeiffer, 1828 Семейство <i>Bithyniidae</i> <i>Bithynia tentaculata</i> (Linnaeus, 1758) Семейство <i>Melanopsidae</i> <i>Fagotia esperi</i> (Ferussac, 1823)	В л - - л - - л - - л -	- л - - - - - л - - - -	В л - - л - - л - - л -

Таксоны	Верховье	Средняя часть озера	Низовье
<i>Bivalvia</i>			
Семейство <i>Unionidae</i>			
<i>Unio pictorum</i> (Linnaeus, 1758)	в л о	- л -	в л -
Семейство <i>Cardiidae</i>			
<i>Hypanis pontica</i> (Eichw., 1838)	в л -	- - -	- - -
Семейство <i>Dreissenidae</i>			
<i>Dreissena polymorpha</i> (Pallas, 1771)	- - -	- л -	- л -
Всего видов:	16	15	18

В верховье и низовье эти виды образовывали, несмотря на малую численность, более 50% биомассы (7,0-8,0 г/м²). Аналогичная картина наблюдалась летом, с той лишь разницей, что в средней части озера находили до 300 экз./м² мелких *D. polymorpha*, биомасса которых достигала 3,5 г/м² (ст. 4).

Таблица 2

Средняя численность (числитель, экз./м²) и биомасса (знаменатель, г/м²) зообентоса озера Китай

Участки	Весна	Лето	Осень
Верховье	$\frac{1510 \pm 20}{11,6 \pm 0,3}$	$\frac{2550 \pm 30}{19,7 \pm 0,2}$	$\frac{680 \pm 20}{7,0 \pm 0,3}$
Средняя часть озера	$\frac{1400 \pm 30}{3,6 \pm 0,4}$	$\frac{2600 \pm 20}{16,8 \pm 0,4}$	$\frac{1380 \pm 20}{3,4 \pm 0,4}$
Низовье	$\frac{1650 \pm 25}{10,4 \pm 0,2}$	$\frac{2100 \pm 30}{19,1 \pm 0,3}$	$\frac{760 \pm 20}{3,1 \pm 0,2}$
В среднем	$\frac{1520 \pm 25}{8,6 \pm 0,3}$	$\frac{2420 \pm 30}{18,5 \pm 0,3}$	$\frac{940 \pm 20}{4,5 \pm 0,3}$

Осенью биомасса зообентоса была небольшой по всей акватории, в первую очередь, из-за отсутствия на большинстве станций моллюсков.

Из других групп выделим обычно многочисленных олигохет и личинок хирономид. Доля олигохет в общей численности зообентоса в весенне-летний период колеблется от 49% (лето, низовье) до 68% (весна, верховье и средняя часть озера). Осенью этот показатель составлял в низовье 44%, а на остальной акватории – не более 17%. Доля олигохет в общей биомассе составляла от 10% (осень, верховье) до 75% (весна, средняя часть озера). Из отдельных видов многочисленны *P. hammoniensis*, *P. barbatus*, *P. sowerbyi*, численность которых весной и летом составляла от 300 до 900 экз./м², заметно снижаясь осенью.

Среди личинок хирономид выделяется *Ch. plumosus*. Весной его численность составляет от 320 до 610 экз./м² (22-36% общей численности), а биомасса достигала 1,2 г/м² (до 30% общей биомассы в средней части озера). Летние значения численности и биомассы *Ch. plumosus* сходны с весенними в верховье и низовье. В средней части озера численность достигала 720 экз./м², биомасса же практически не отличалась – 1,3 г/м². Осенью численность на большинстве станций не превышала 360 экз./м², а биомасса – 0,8 г/м². На ст. 3 численность хирономид составила 1200 экз./м², а биомасса – 2,0 г/м².

Два других вида личинок хирономид, хотя и достигали в отдельных случаях значительных количественных показателей (до 360 экз./м² и 0,7 г/м²), не играют, в целом, заметной роли в общей численности и биомассе.

Среди амфипод чаще всего встречался *D. villosus*. Он попадался во все сезоны (весной отсутствовал в средней части озера). Численность летом и осенью не превышала 180 экз./м², в большинстве случаев составляла около 120 экз./м², а биомасса – 1,2 г/м².

Крабов *Rh. harrisi tridentata* находили летом и осенью в средней части озера и в низовье. Но, в пробах дночерпателя они не попадались. Крабов собирали в прибрежной зоне с помощью сачка по принятой методике [7]. Они держались, в основном, под камнями на глубине до 1,0-1,5 м. Летом чаще попадались особи с карапаксом шириной 1,0-1,5 см; осенью, доминировала эта же размерная группа, но встречалось немало и более крупных, до 2,0 см крабов.

Остальные группы бентоса в наших сборах представлены небольшой численностью и биомассой.

Выводы

1. В озере Китай в 2004 г. зообентос представлен 23 видами из 22 родов и 16 семейств, в том числе: полихет – 1 вид, олигохет – 6, пиявок – 1, амфипод – 3, мизид – 1, декапод – 1, личинок хирономид – 3, брюхоногих моллюсков – 4, двустворчатых моллюсков – 3 вида.

2. Весной найдено 12 видов, летом – 20, осенью – 9 видов. Во все сезоны встречались 6 видов: *Chironomus plumosus*, *Psammoryctides barbatus*, *Limnodrilus udekemianus*, *Ophidonais serpentine*, *Dikerogammarus villosus*, *Unio pictorum*. 100% частотой встречаемости характеризуются личинки *Chironomus plumosus*. Частота встречаемости большинства видов 30-60% *Hypania invalida*, *Paramysis intermedia*, личинки *Tanypus punctipennis* встречались менее чем в 30% проб.

3. Средняя численность зообентоса возрастает от весны (1520 экз./м²) к лету (2420 экз./м²) и резко снижается осенью до 940 экз./м². Соответственно изменяется средняя биомасса: 8,6 г/м² весной, 17,6 г/м² летом, 4,5 г/м² осенью. Наибольшие численность и биомасса за весь период исследований в большинстве случаев приурочены к верховью и низовью озера.

4. В целом в количественном отношении основу бентоса составляют олигохеты и личинки хирономид; в биомассе – моллюски.

Благодарности. Авторы искренне признательны И.И. Радионову и Н.П. Радионовой (г. Измаил) за помощь в сборе материала.

Список литературы

1. Швец Г.І., Ігошин М.І. Каталог річок і водойм України. – Одеса: Астропринт, 2003. – 392 с.
2. Деньга Ю.М., Мединец В.И. Гидрохимический режим и качество вод Придунайских озер // Вісник Одеськ. нац. ун-ту. Екологія. – 2002. – Т. 7, вип. 2. – С. 44-53.
3. Владимірова К.С., Зеров К.К. Фізико-географічний очерк придунайських лиманів // Тр. Ін-та гідробіології АН УРСР. – 1961. – № 36. – С. 185-193.
4. Марковский Ю.М. Фауна беспозвоночных низовьев рек Украины, условия ее существования и пути использования. 3. Водоемы Килийской дельты Дуная. – К.: Изд-во АН УССР, 1955. – 250 с.
5. Оливари Г.А. Зообентос придунайских водоемов // Труды Ин-та гидробиологии АН УССР. – 1961. – Т. 36. – С. 222-229.
6. Джуртубаев М.М., Ковтун О.А. Зообентос придунайских озер // Вісник Одеськ. нац. ун-ту. Екологія. – Т. 7, вип. 2. – С. 107-114.
7. Мониторинг макрозообентоса // Eco Grade. – 2001. – 12 с.

Джуртубаєв М.М., Заморов В.В., Беленкова Н.І. Макрозообентос озера Китай. – За матеріалами трьох експедицій у 2004 р. вивчали макрозообентос озера Китай – одного з найбільших у Придунав'ї. Виявлено 23 види з 22 родів і 16 родин. Частота зустрічаємості більшості видів 30-60%. Середня чисельність і біомаса зростають з весни до літа і різко зменшуються восени. За чисельністю домінують олігохети та личинки хірономид, у біомасі – молюски.

Ключові слова: озеро Китай, зообентос, видовий склад, біомаса.

Djurtubaev M.M., Zamorov V.V., Belenkova N.I. Macrozoobenthos of the Kitay Lake. – We have studied the macrozoobenthos of the lake Kitay – one of the biggest in the Danube region on the example of the materials collected during three expeditions held in 2004. We have discovered 23 species from 22 genera and 16 families. The frequency of the most of the species is 30-60%. Average number and biomass scale up from spring to summer and fall down in autumn. Oligochaeta and Hironomida larvae rank first in number, molluscs – in the biomass.

Key words: Lake Kitay, zoobenthos, species composition, number, biomass.

ЗООПЛАНКТОН ОЗЕР ШАЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ПРИРОДНОГО ПАРКУ

*Львівський національний університет ім. І. Франка; 79005, м. Львів, вул. Драгоманова, 17а
e-mail: ndl41@franko.lviv.ua*

Думич О.Я., Савицька О.М. Зоопланктон озер Шацького національного природного парку. –

Наведені результати вивчення кількісного й якісного складу зоопланктону озер Шацького національного природного парку. Встановлений домінуючий комплекс організмів зоопланктону та визначене видове різноманіття його угруповань. Проведена сапробіологічна оцінка стану досліджуваних озер за зоопланктоном.

Ключові слова: зоопланктон, домінуючий комплекс, видове різноманіття, озера.

Вступ

Збереження та підтримання біологічного різноманіття можливе лише при збереженні природних екосистем, їх структури і функціонування. Біологічне різноманіття екосистем може розглядатися як показник їх структури, воно не визначає їх стабільність чи продуктивність, але пов'язане з ними. Різноманіття визначається кількістю і відносним багатством окремих видів в екосистемах і є властивістю, що пов'язана з самою суттю їх організації, і яка має прояв на всіх рівнях. Дослідження різноманіття, структури угруповань і їх взаємозв'язків дозволяють отримати уявлення про біологічне різноманіття екосистем.

Матеріали та методика досліджень

Матеріалом для написання статті послужили дані польових досліджень зоопланктону, зокрема результати опрацювання 68 гідробіологічних проб, відібраних протягом вегетаційного сезону у 2003-2005 рр. на озерах Шацького національного природного парку – Пісочне, Перемут, Чорне, Люцимер, Кримне. Проби опрацьовані згідно з загальноприйнятою методикою Кісельова [1]. Проби відбирали батометром Рутнера об'ємом 1 дм³ і проціджували через сітку Апштейна, до якої була прикріплена металева посудина об'ємом 33,5 мл. Проби фіксувались 4%-м розчином формаліну. Кількісний підрахунок зібраного матеріалу проводили у камері Богорова [1]. Таксономічне визначення видів здійснювали за Л.О. Кутіковою [2], В.І. Монченком [3], С.Ф. Мануйловою [4], а також використовували інші джерела [5-8].

Результати й обговорення

Біологічна рівновага озерних екосистем підтримується багаточисельними рухомими зв'язками організмів рослинного і тваринного населення між особоною й оточуючим середовищем. Кількісні зміни зоопланктону викликаються змінами фізико-хімічних умов цього середовища, температури, кількості сонячного тепла, поживних речовин у воді та наглядно демонструють єдність організмів із довкіллям. Зміна структури зоопланктонного угруповання є добрим індикатором природного й антропогенного евтрофування, яке відбувається в озерах.

У зв'язку з посиленням антропогенного евтрофування природних вод, постійним зростанням кількості водоспоживачів із різними потребами до її складу та властивостей (водойм і водотоків) – джерел водопостачання, виникає потреба у контролі якості води, зокрема сапробіологічному. Багаточисельними дослідженнями встановлено, що якість води формується в результаті процесів життєдіяльності всіх водних організмів. Серед них одне з чільних місць займають представники зоопланктону. Він є основним споживачем первинної органічної речовини, яка утворюється у товщі води в процесі фотосинтезу і, яка трансформуючись у тілах зоопланктерів, передається на новий трофічний рівень. У цьому процесі особливе значення мають організми з фільтраційним способом живлення.

Планктон озер Шацької групи має змішані риси, займаючи проміжне положення між планктоном середньоруських та північних озер, розташованих на території Карелії, Латвії та Литви. Загалом, ситуація щодо складу зоопланктону відрізняється від тієї, яка спостерігалась

у 30-ті роки Т. Вольським [9] і в 50-ті роки П.Д. Резвим [10] та Н.С. Ялинською [11, 12]. Зоопланктон став біднішим. Із його складу випали, в основному, показові види оліготрофних водойм, зокрема *Trichocerca cylindrica* (Imhof, 1891), *Alona costata* (Sars, 1862), *Alonella excisa* (Fischer, 1854), *Chydorus gibbus* (Lilljeborg, 1900), *Eurycercus lamellatus* (O.F. Müller, 1785).

З'явилося більше організмів із здатністю витримувати несприятливі умови середовища. На сьогодні часто зустрічаються коловертки і веслоногі рачки із яйцями спокою, гіллястовусі рачки з ефіпіумами і моховатки із статобластами. Поява організмів із цими захисними утвореннями спостерігається в період більш сильного обігрівання озер, але лише в період посилення їх забруднення. У планктоні панують типічні організми товщі води, форми неприкріплені. Зоопланктон тяжіє до придонного шару. Гіллястовусих і веслоногих рачків порівняно мало біля поверхні. Чисельність їх зростає по мірі наближення до дна.

Антропогенне евтрофування озер виявляється у видовому збідненні зоопланктону. Але спрощення його як угруповання не відбувається. Зоопланктону властива цілісність – автономність і механізми, які підтримують стійкість угруповання, із сезону до сезону ядро угруповань залишається однаковим, а фауна різноманітна. Підвищення трофії водойм супроводжується збільшенням кількості евритопних дафній і босмін, різко послаблюється розвиток рослиноїдних діаптомусів, збільшується кількість циклопів, зменшується чисельність фільтраторів, переважають збирачі, седиментатори і ті організми, які їжу захоплюють [13]. У наших водоймах – це *Bosmina longirostris* (O.F. Müller, 1785), *Asplanchna priodonta* (Gosse, 1850), *Chydorus sphaericus* (O.F. Müller, 1785), самці Cyclopoidea. За М.Б. Івановою [14] і М.Ф. Поливанною [15], масовий розвиток хижих форм є ознакою забруднення.

Зоопланктон озер включає 65 таксонів організмів зоопланктону, які належать до трьох систематичних груп: нижчі черви класу Rotatoria і ракоподібні підряду Cladocera та ряду Copepoda (табл. 1). До класу Rotatoria відносяться 20 таксонів, що становить 30,77% від загальної кількості. Із ракоподібних, зокрема підряду Cladocera, виявлено 30 таксонів (46,15%), а ряду Copepoda – 15 таксонів (23,08%). Виявлені види (озерні та ставкові форми), які також трапляються у річках. Вони живуть у широкому діапазоні температур, рН, витривалі до вмісту розчиненого кисню й органічних речовин; у багатьох позитивний фототропізм, потребують великої кількості корму [16-20]. Коловертки представлені такими родинami: Asplanchnidae (1 рід), Brachionidae (3 роди), Filinidae (1 рід), Lecanidae (1 рід), Philodinidae (1 рід), Synchaetidae (2 роди). Гіллястовусі рачки – такими родинami: Chydoridae (11 родів), Daphniidae (3 роди), Macrothricidae (1 рід), Bosminidae (1 рід), Polyphemidae (1 рід), Sididae (1 рід). Веслоногі рачки представлені підрядами Cyclopoidea, Calanoida, Harpacticoida. Найбагатшими на види виявились роди *Asplanchna*, *Brachionus* (Rotatoria); *Alona*, *Bosmina*, *Chydorus*, *Daphnia* (Cladocera).

Формування зоопланктону із організмів, які далеко розміщені у систематичному відношенні груп, сприяє більш вигідному заселенню ними екологічних ніш [21-23].

Озеро Пісочне. Його зоопланктон, за досліджуваний період, налічував 25 видів, серед них коловерток – 9, гіллястовусих рачків – 12, веслоногих рачків – 4. В озеро надходить забруднення господарсько-побутового характеру. У місцях поступання стоків зоопланктон якісно багатший, ніж у біотопах, віддалених від джерел забруднення, за рахунок наявності більшої кількості евритопних форм. У місцях надходження забруднень значно більше реєструвалося хижих форм, зокрема видів роду *Asplanchna* та представників веслоногих рачків. Індекс видового різноманіття Шеннона коливається в межах 0,53-3,09. Зоопланктон має ротаторно-кладоцерний характер.

**Видовий склад зоопланктону озер Шацького національного природного парку
за досліджуваний період**

Таксони	Сапробність	Озера				
		Пісочне	Перемут	Чорне	Люцимер	Кримне
ROTATORIA						
<i>Asplanchna henrietta</i> Langh.	0	+				
<i>A. girodi</i> De Guerne	0-β			+		+
<i>A. priodonta</i> Gosse	0-β	+	+	+	+	+
<i>Brachionus angularis</i> Gosse	β-α			+		
<i>B. budapestinensis</i> Daday	B			+		
<i>B. calyciflorus</i> Pallas	β-α	+				
<i>B. diversicornis</i> Daday	β	+		+		
<i>B. falcatus</i> Zacharias	β	+				
<i>B. quadridentatus</i> Hermann	β		+			
<i>Filinia longiseta</i> Ehrb.	β-α			+		
<i>Kellicottia longispina</i> Kellicott	0				+	
<i>Keratella cochlearis</i> Gosse	β-0	+		+		+
<i>K. quadrata</i> O.F. Müller	β-0			+	+	+
<i>Lecane</i> sp.				+		
<i>Macrotracella</i> sp.		+				
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson	0		+			
<i>P. vulgaris</i> Carlin	β	+	+	+		
<i>Pompholyx sulcata</i> Hudson	β	+				
<i>Synchaeta</i> sp.			+	+		
Беспанцирні коловертки			+	+	+	
CLADOCERA						
<i>Acroperus harpae</i> Baird	0-β		+			
<i>Alona affinis</i> Leydig	0				+	
<i>A. quadrangularis</i> O.F. Müller	0-β					+
<i>A. rectangula</i> Sars	0-β	+	+	+	+	
<i>Alonella nana</i> Baird	0-β		+			+
<i>Alonopsis elongata</i> Sars	0	+	+	+		
<i>Bosmina coregoni</i> Baird	0		+		+	
<i>B. longirostris</i> O.F. Müller	0-β	+	+	+	+	+
<i>B. obtusirostris</i> Sars						+
<i>Ceriodaphnia pulchella</i> Sars	0-β				+	
<i>C. quadrangula</i> O.F. Müller	0-β	+	+	+		
<i>C. laticauda</i> P.E. Müller	0-β					+
<i>Chydorus ovalis</i> Kurz	0		+			
<i>Ch. sphaericus</i> O.F. Müller	β-0	+	+	+	+	+
<i>Ch. piger</i> Sars	0		+	+	+	
<i>Daphnia cucullata</i> Sars	β-0	+	+			+
<i>D. longiremis</i> Sars		+				
<i>D. longispina</i> O.F. Müller	β					+
<i>Diaphanosoma brachiurum</i> Lievin	0-β	+			+	+
<i>Drepanothrix dentata</i> Eurén	0		+			
<i>Grabtoleberis testudinaria</i> Fischer	0-β					+
<i>Macrothrix laticornis</i> Jurine	β					+

Таксони	Сапробність	Озера				
		Пісочне	Перемут	Чорне	Люцимер	Кримне
<i>Monospilus dispar</i> Sars	о-β		+	+		
<i>Pleuroxus aduncus</i> Jurine	о	+	+	+		
<i>P. laevis</i> Sars	о	+				
<i>Polyphemus pediculus</i> Linne	о	+				+
<i>Rhyncotalona falcata</i> Sars	о	+	+	+		+
<i>R. rostrata</i> Sars				+		
<i>Scapholeberis mucronata</i> O.F.Müller	β				+	+
<i>Sida crystallina</i> O.F. Müller	о		+			
COPEPODA						
<i>Acanthocyclops americanus</i> Marsh	β		+			
<i>A. venustus</i> Norm et Sc.		+				
<i>Cyclops scutifer</i> Sars		+				+
<i>C. strenuus</i> Fischer	β-α		+			
<i>Diacyclops bisetosus</i> Rehberg	β		+	+		
<i>Harpacticoida</i> sp.		+	+		+	
<i>Macrocyclus albidus</i> Jurine	β		+			
<i>Megacyclus gigas</i> Claus	о				+	
<i>Mesocyclops leuckarti</i> Claus	о		+		+	
<i>Thermocyclops crassus</i> Fischer	β	+	+		+	+
<i>Metacyclops gracilis</i> Lilljeborg	о-β	+				
<i>M. planus</i> Gurney	о-β		+			
<i>Paracyclops fimbriatus</i> Fischer	о-β		+			
<i>Eudiaptomus graciloides</i> Lilljeborg	β-о				+	
<i>E. gracilis</i> Sars	о	+			+	

У домінуючий комплекс навесні входять, як правило, науплії веслоногих рачків з чисельністю (N) до 18,5 тис. екз./м³ і біомасою (B) до 4,2 мг/м³, влітку домінантами є *Ceriodaphnia quadrangula* (O.F. Müller, 1785), (N до 25,8 5 тис. екз./м³, B до 511,5 мг/м³), *Bosmina longirostris* (N до 238,5 тис. екз./м³, B до 3001,3 мг/м³), *Mesocyclops leuckarti* (Claus, 1857) (N до 5,5 тис. екз./м³, B до 238,1 мг/м³), *Chydorus sphaericus* (N до 4,9 тис. екз./м³, B до 28,94 мг/м³), копеподити веслоногих рачків (N до 4,0 тис. екз./м³, B до 47,8 мг/м³), восени *Chydorus sphaericus* (N до 1,7 тис. екз./м³, B до 10,0 мг/м³), *Bosmina longirostris* (N до 0,9 тис. екз./м³, B до 11,3 мг/м³). Усі ці види, окрім *Ceriodaphnia quadrangula*, характеризують бетамезосапробні умови у водоймі.

Озеро Перемут. Зоопланктон озера Перемут за досліджуваній період налічував 31 вид, серед них коловертки – 6, гіллястовусих рачків – 16, веслоногих рачків – 9. Індекс видового різноманіття Шеннона коливається в межах 1,32-3,01. Зоопланктон має кладоцернокопеподний характер. У фауні значно більшу роль відіграють хижі організми, ніж в озері Пісочне. У домінуючий комплекс влітку входять *Rhyncotalona falcata* (Sars, 1862) (N до 17,5 тис. екз./м³, B до 109,1 мг/м³), *Bosmina longirostris* (N до 56,1 тис. екз./м³, B до 706,0 мг/м³), *Thermocyclops crassus* (Fischer, 1853) (N до 1,9 тис. екз./м³, B до 60,2 мг/м³), *Chydorus sphaericus* (N до 35,7 тис. екз./м³, B до 210,8 мг/м³), восени *Alona rectangula* (Sars, 1862) (N до 12,8 тис. екз./м³, B до 66,0 мг/м³), *Rhyncotalona falcata* (N до 11,0 тис. екз./м³, B до 68,6 мг/м³). У порівнянні з 30-ми та 50-ми роками, на даний період загалом зменшилася роль коловертки., однак роль їх за рахунок видів-поліфагів (споживачів детриту і водоростей) зростає.

Озеро Чорне. Зоопланктон даного озера, за досліджуваній період, налічував 23 види, серед них коловертки – 12, гіллястовусих рачків – 10, веслоногих рачків – 1. Індекс видового різноманіття Шеннона високий і коливається в межах 2,43-2,48 в основному за рахунок

різноманітності представників *Rotatoria*, які характерні для мезотрофних і мезоевтрофних вод. Зоопланктон має чітко виражений ротаторно-клатоцерний характер. Серед гіллястовусих рачків, на відміну від коловерток, є види, які визначають ступінь сапробності води як олігосапробний. У даній водоймі реєструється мало зрілих особин веслоногих рачків, або лише самці, що може свідчити про несприятливі умови в озері, зокрема відсутність рослиноїдних діаптомусів. Загалом фауна представлена "мирними" формами організмів. Незважаючи на порівняно значну різноманітність коловерток, у домінуючий комплекс вони не входять. Улітку домінантами є *Ceriodaphnia quadrangula* (N до 35,7 тис. екз./м³, B до 706,7 мг/м³), *Chydorus sphaericus* (N до 36,8 тис. екз./м³, B до 217,3 мг/м³), восени *Bosmina longirostris* (N до 30,9 тис. екз./м³, B до 362,7 мг/м³, копеподитні стадії (N до 27,6 тис. екз./м³, B до 330,4 мг/м³).

Озеро Люцимер. Зоопланктон озера, за досліджуваний період, налічував 19 видів, серед них коловерток – 4, гіллястовусих рачків – 9, веслоногих рачків – 6. Індекс видового різноманіття Шеннона коливається в межах 0,91-2,42. Зоопланктон має клатоцерно-копеподний характер. На відміну від озера Чорне, тут достатньо добре представлені рослиноїдні веслоногі, зустрічається значно більше зрілих форм. У домінуючий комплекс улітку входять: *Chydorus sphaericus* (N до 41,8 тис. екз./м³, B до 247,2 мг/м³), наупліальні стадії (N до 43,2 тис. екз./м³, B до 9,7 мг/м³), *Alona rectangula* (N до 1,6 тис. екз./м³, B до 8,25 мг/м³), восени – *Mesocyclops leuckarti* (N до 49,2 тис. екз./м³, B до 2130,0 мг/м³), молодші копеподитні стадії (N до 58,8 тис. екз./м³, B до 703,2 мг/м³) та старші копеподитні стадії (N до 44,4 тис. екз./м³, B до 2011,1 мг/м³).

Озеро Кримне. Його зоопланктон, за досліджуваний період, налічував 20 видів, серед них коловерток – 4, гіллястовусих рачків – 14, веслоногих рачків – 2. Індекс видового різноманіття Шеннона коливається в межах 1,72-2,74. Зоопланктон має чітко виражений клатоцерний характер, у ньому переважають представники родини *Chydoridae*. У домінуючий комплекс улітку входять: *Alonella nana* (Baird, 1850) (N до 7,7 тис. екз./м³, B до 39,1 мг/м³), *Asplanchna priodonta* (N до 19,2 тис. екз./м³, B до 563,5 мг/м³), *Asplanchna girodi* (De Guerne, 1888) (N до 9,6 тис. екз./м³, B до 625,6 мг/м³), *Daphnia longispina* (O.F. Müller, 1785), (N до 9,6 тис. екз./м³, B до 1737,7 мг/м³).

Для природних біоценозів величина індексу видового різноманіття Шеннона [24] складає у середньому 2,0-2,5 і не перевищує 5. Розраховані величини цього індексу для зоопланктону досліджуваних водойм коливаються у ширших межах (0,53-3,09). Такі значні коливання можуть бути викликані чинниками неприродного характеру, зокрема впливом чужорідних сполук. На забруднених ділянках водойм, куди потрапляли господарсько-побутові стоки, реєструвалися прості за структурою угруповання зоопланктону з різким домінуванням одного виду. На ділянках з меншим впливом стоків, або де їх не було взагалі, індекс Шеннона зростає.

Оцінку якості води провадили методом Пантле-Бука [25, 26] в модифікації Сладечека на основі аналізу якісного складу і кількісного розвитку окремих видів зоопланктону з використанням списків видів-індикаторів сапробності. У складі зоопланктону досліджуваних водойм Шацького національного природного парку виявлено 53 індикаторних види, з них до коловерток належить 16 видів, до гіллястовусих рачків – 24 види і до веслоногих рачків – 14.

Висновки

Зоопланктон озер включає 65 таксонів організмів зоопланктону, які належать до трьох систематичних груп: нижчі черви класу *Rotatoria* і ракоподібні підряду *Cladocera* та ряду *Sorperoda*. 20 видів відносяться до класу *Rotatoria*, що становить 30,77% від загальної кількості видів. Із ракоподібних, зокрема підряду *Cladocera*, виявлено 30 видів (46,15%), а ряду *Sorperoda* – 15 (23,08%). Виявлені види (озерні та ставкові форми), які також трапляються у ріках.

У результаті дослідження угруповань зоопланктону встановлено, що види домінуючого комплексу відрізнялись за систематичною приналежністю, розмірами, способом живлення,

екологічними нішами. Панівними були представники гіллястовусих рачків (Cladocera) і коловерток (Rotatoria), веслоногі рачки (Copepoda) представлені слабше. У кожній із цих великих систематичних груп були представлені кілька родин. Індивідуальна маса особин варіювала у широких межах.

Трофічне різноманіття проявилось в тому, що серед домінуючих Rotatoria за способом живлення були відмічені вертикатори і седиментатори, серед Cladocera – фільтратори і ті, які їжу збирають, серед Copepoda – хижачи, фільтратори, і ті, які їжу захоплюють.

Екологічне різноманіття виявилось у тому, що панівні види відносилися як до придонно-фітофільних угруповань (зокрема на мілководдях), так і до пелагічних видів.

Згідно отриманих результатів протягом вегетаційного сезону якість води у досліджуваних озерах відносилася до α - і β -мезосапробних зон. Якість води коливалася від слабкозабрудненої до сильнозабрудненої епізодично, найбільш тривалий період вода в озерах була слабкозабрудненою.

Список літератури

1. Киселев И.А. Планктон морей и континентальных водоемов. – Л.: Наука, 1969. – Т. 1. – 657 с.
2. Кутикова Л.А. Коловертки фауны СССР. – М.: Наука, 1970. – 744 с.
3. Монченко В.И. Фауна Украины. Циклопы. – К.: Наук. думка, 1974. – Т. 27, вып. 3. – 452 с.
4. Мануйлова Е.Ф. Ветвистоусые рачки (Cladocera) фауны СССР. – М., Л.: Наука, 1964. – 327 с.
5. Amoros C. Crustaces cladoceres // Bull. de la Soc. Linneenne de Lyon. – 1984. – Ann. 53, N 4. – P. 72-143.
6. Koste W. Rotatoria: Die Radertiere Mitteleuropas. – Gebrüder Borntraeger, Berlin, Stuttgart. Graphik+Druck, München, 1978. – 673 s.
7. Koste W., Shiel K.J. Rotifera from Australian inland waters. VII. Notommatidae (Rotifera: Monogonta) // Trans. Roy. Soc. S. Austral. – 1991. – Vol. 115, N 3-4. – P. 111-159.
8. Šramek-Husek R., Straskraba M., Brtek J. Fauna CSSR. – Praha: Nakladatelství Československé Akademie Věd, 1962. – 472 s.
9. Wolski T. Materiały do fauny Wiosłarek (Cladocera) Polesia. Cz. II. Wiosłarki jezior Polesia polskiego // Arch. Hydrob. i Ryb., 1927. – Т. 2, № 3-4.
10. Резвой П.Д. Гидробиологическая характеристика озер Тур, Домашнее и Песочное: Рукопись – отчет о работе в 1953 г. гидробиологического отряда Полесской экспедиции Львовского университета.
11. Ялынская Н.С. Гидробиологический очерк озер Шацкой группы Волынской области // Тр. НИИ прудового и озерно-речного рыбн. хоз-ва, 1949. – № 6. – С. 133-150.
12. Ялынская Н.С. Биологические основы реконструкции рыбного хозяйства озер Шацкой группы Волынской области: Автореф. дис. ... канд. наук, 1952. – 15 с.
13. Оксюк О.П., Жданова Г.А., Гусынская С.Л., Головка Т.В. Оценка состояния водных объектов Украины по гидробиологическим показателям // Гидробиол. журн. – 1994. – 30, № 3. – С. 26-31.
14. Иванова М.Б. Влияние загрязнения на планктонных ракообразных и возможность их использования для определения степени загрязненности реки // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1976. – С. 68-80.
15. Поливанная М.Ф. Опыт применения существующих методов и возможные критерии оценки качества воды Днепра у Киева по зоопланктону // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: Тр. Зоол. ин-та АН СССР, 1976. – С. 81-97.

16. *Галковская Г.А.* К вопросу о питании планктонных коловраток // Докл. АН БССР. 1963. – 7, № 3. – С. 202-205.
17. *Галковская Г.А.* Утилизация водорослей фитопланктона планктонными коловратками // Вопросы гидробиологии. Тез. докл. I съезда Всесоюз. гидробиол. об-ва. – М., 1965. – С. 87-88.
18. *Кутикова Л.А.* Коловратки речного планктона как показатели качества воды // Методы биологического анализа пресных вод. – Л.: Тр. Зоол. Ин-та АН СССР, 1976. – С. 80-90.
19. *Щербань Э.П.* О влиянии малых концентраций атразина и диурона на продуктивность ветвистоусых ракообразных // Гидробиол. журн. – 1972. – 8, № 2. – С. 71-76.
20. *Эрман Л.А.* О количественной стороне питания коловраток // Зоол. журн. – 1956. – 35, № 7. – С. 965-971.
21. *Галковская Г.А.* Обеспеченность пищей как регулятор скорости питания и продуцирования коловраток // Продукционно-гидробиологические исследования водных экосистем. – Л.: Наука, 1987. – С. 157-173.
22. *Галковская Г.А.* Эколого-физиологические закономерности функционирования популяций планктонных коловраток: Автореф. дис. ... докт. биол. наук: 03.00.18. – К., 1988. – 45 с.
23. *Галковская Г.А.* Межпопуляционные отношения и проблема устойчивости планктонных сообществ // Гидробиол. журн. – 1995. – 31, № 4. – С. 3-10.
24. *Песенко Ю.А.* Принципы и методы количественного анализа в фаунистических исследованиях. – М.: Наука, 1982. – 281 с.
25. *Pantle R.* Biologische Flussuberwachung // Wasserwirtschaft. – 1956. – Vol. 46, N 8. – P. 206-209.
26. *Pantle R., Buck H.* Die biologische Uberwachung der Gewasser und die Darstellung der Ergebnisse // Gas- und Wasserfach. – 1955. – Vol. 96, N 18. – P. 604.

Думич О.Я., Савицкая О.Н. Зоопланктон озер Шацкого национального природного парка. – Приведены результаты изучения количественного и качественного состава зоопланктона озер Шацкого национального природного парка. Установлен доминирующий комплекс организмов зоопланктона и определено видовое разнообразие его сообществ. Проведена сапробиологическая оценка состояния исследуемых озер по зоопланктону.

Ключевые слова: зоопланктон, доминирующий комплекс, видовое разнообразие, озера.

Dumych O.Ya., Savyts'ka O.M. Zooplankton of the Shats'k National Natural Park lakes. – The results of studying of quantitative and qualitative zooplankton composition of the Shats'k National Natural Park lakes are given. The dominant complex and species diversity of the lakes zooplankton communities are ascertained. It has been carried out the saprobiological assessment of the researched lakes by zooplankton.

Key words: zooplankton, dominant complex, species diversity, lakes.

А.В. Жуков

**ГИГРОМОРФЫ ПОЧВЕННЫХ ЖИВОТНЫХ И ИХ ДИАГНОСТИЧЕСКОЕ
ЗНАЧЕНИЕ ДЛЯ УСТАНОВЛЕНИЯ ГИГРОТОПОВ**

*Днепропетровский национальный университет; 49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13,
корп. 17; e-mail: zhukov_dnepr@rambler.ru*

Жуков А.В. Гигроморфы почвенных животных и их диагностическое значение для установления гигротопов. – В работе обсуждается процедура характеристики почвенных животных с точки зрения предпочтения ими условий влажности почвы. Эта процедура позволяет выделить экологические группы почвенной мезофауны – гигроморфы. Показано, что спектры гигроморф являются эффективным диагностическим признаком позволяющим выделять гигротопы биогеоценозов.

Ключевые слова: почвенная фауна, экологические группы, гигроморфы, гигротоп.

Водный почвенный режим является важнейшим экологическим фактором, определяющим особенности жизнедеятельности почвенных организмов и свойства сообществ почвенных животных. Почвенные животные имеют ряд специфических приспособлений к особенностям водного режима почвы. Эти особенности почвенных животных имеют промежуточное положение между адаптациями водных и наземных животных, что показано в работах М.С. Гилярова [1]. С точки зрения стациального распределения животных можно отнести к определенным экологическим группам – гигроморфам. Гигроморфы почвенных животных выделяются по признаку тесной связи в пространственном распределении с определенными гигротопами. Гигротоп является категорией, которая участвует в выделении типов наземных биогеоценозов и наиболее часто применяется в типологии лесной растительности.

Александр Люцианович Бельгард [2] указывает, что основу предложенной им типологической схемы положен тип леса, представляющий собой единство трофо- и гигротопа и связанный с фактором поемности. Далее следует определение: "Тип леса – понятие довольно широкого объема, охватывающее все участки растительности, объединенные экологической общностью эдафотопа, характеризующееся общим набором сходных трофо- и гигроморф. Следовательно, в один и тот же тип леса можно включить коренные и производные ценозы, формирующиеся на местообитаниях более или менее равноценных с экологической точки зрения. Это равноценность в первую очередь определяется условиями увлажнения и почвенного плодородия. ... тип леса определяется принадлежностью к тому или иному трофо- и гигротопу; кроме того, учитывается еще поемность данного местообитания".

При выделении гигротопов и трофотопов прежде всего опираются на фитоиндикационную информацию: "В определении свойств экотопа ведущее место принадлежит растительности, наиболее полно отражающей всю многогранность жизненной обстановки. ... Сравнивая индикаторную значимость древесных и травянистых растений на основе многочисленных экологических анализов, можно сделать такие выводы, что травы, мхи и лишайники в первую очередь реагируют на изменение условий увлажнения; определенное сочетание древесных организмов чаще всего определяет качество того или иного трофотопа" [2].

Гигротоп как одна из характеристик эдафотопа может быть установлена с помощью фитоиндикации. Виды почвенных животных предпочитают сообщества в пределах одного гигротопа и избегают сообщества в пределах другого гигротопа. Совокупность адаптаций, которыми обладают виды, предпочитающие один гигротоп, могут быть совершенно различными. Эти адаптации могут быть морфологическими, экологическими, биохимическими, физиологическими и т.д. [1]. Но, подобно тому, как растения группируются в экологические группы по признаку предпочтения определенного гигротопа – гигроморфы, среди животных также могут выделяться гигроморфы. Гигроморфу следует рассматривать как синэкологическую категорию в противоположность такой

аутэкологической категории, как морфо-экологический тип адаптаций к условиям увлажнения. Поэтому для установления принадлежности вида почвенных животных к конкретной гигроморфе необходимо учитывать два аспекта: аутэкологический – распределение вида вдоль ординаты увлажнения и синэкологический – относительное участие вида в сообществе в пределах определенного гигротопа. На основе этих принципов нами предложен следующий алгоритм определения принадлежности видов почвенных животных к конкретным гигроморфам. Этот алгоритм может быть применен к другим группам живых организмов. Естественно, что полученные результаты экологической классификации справедливы для сообществ в пределах исследованного региона.

По результатам почвенно-зоологических исследований зональных, аazonальных и интразональных сообществ в пределах степной зоны в подзоне разнотравно-типчаково-ковыльных степей нами установлено распределение 471 вида почвенных животных в сообществах, которые относятся к различным грациям увлажнения.

Характеристика граций увлажнения приведена по А.Л. Бельгарду [2].

Сухие (ксерофильные 0-1) местообитания к которым относятся вершины песчаных дюнных всхолмлений, смытые почвы так называемых лбов в балках и плакорные дренированные эдафотопы черноземной степи. Так как грунтовые воды здесь находятся очень глубоко, то единственным источником влаги являются атмосферные осадки, которые лишь на короткий промежуток времени способны смочить верхние, обычно пересыхающие горизонты почвы. Из древесных растений, входящих в качестве эдификаторов ценозов и обитающих на подобных гигротопах, можно указать на такой факультативный ксерофит, как сосна (на песках). Кустарники представлены более разнообразно и слагаются из таких степных видов, как кустарниковая дереза, городчатая и зверобоелистная таволга, степной миндаль, раkitники (разные виды), шиповники (разные виды) и т. д. В травянистом покрове – лишайники и настоящие ксерофильные элементы травянистой степной флоры, как например ковыли, типчаки, келерия, чебрецы и т. д.; на меловых и известковых обнажениях в аналогичных гигротопах имеется в наличии ясно выраженное ядро ксерофитов-кальциефилов (эфедра двухколосковая, гвоздика карбонатная, рута пахучая и т. д.).

Суховатые (мезоксерофильные 1) местообитания отличаются от предыдущей категории гигротопов несколько меньшей сухостью, что дает возможность поселяться здесь, помимо эуксерофитов, мезоксерофитам, а также ксеромезо- и даже мезофитам. В древостое, кроме сосны, наблюдается присутствие дуба, береста и даже ясеня. Среди кустарников в соответствующих условиях произрастают шелюга, терн, степная вишня, крушина слабительная, боярышники, барбарис и др. В травянистом покрове встречается так называемое суховатое степное разнотравье, слагающееся из большого числа ксерофильных видов, куда вкраплены такие мезоксерофиты, как тимофеевка степная.

Свежеватые (ксеромезофильные 1-2) местообитания находятся в лучших условиях увлажнения, чем предыдущие гигротопы. В засушливые годы, в условиях степного климата, довольно заметно чувствуется недостаток влаги. На ксеромезофильных гигротопах в составе древесно-кустарниковых ценозов наблюдается значительное количество видов. Кроме сосны, здесь можно встретить большинство лиственных пород, входящих в состав степных лесов. В травянистом ярусе преобладают ксеромезофиты – вейник наземный, кирказон, ежа сборная, осока опушенная, буквица лекарственная, а среди кустарниковых ценозов ксеромезофильного типа наблюдается наличие степного разнотравья, слагающегося из ксеромезофитов с примесью мезофитов, мезоксерофитов и редко ксерофитов.

Свежие (мезофильные 2) местообитания, в которых увлажнение приближается к оптимальному. Дефицит влаги ощущается в исключительно засушливые годы. Древесно-кустарниковый ярус слагается из тех же видов, что и типы предыдущего гигротопа. Для травянистого покрова характерно преобладание мезофитов: костер безостый, будра плющелистная, звездчатка лесная, орляк, мятлик лесной. Сюда нередко вторгаются в соответствующих эдафотопах представители гигромезофильного дубравного широколиственного (копытень, медуница неясная, ландыш и т. д.); среди кустарниковых ценозов формируется

мезофильное (свежее) лугово-степное разнотравье (зверобой пронзеннолистный, перловник высокий, лапчатка прямая, костер безостый, хатьма, гранатник сибирский и т. д.). Мезофильный моховой покров встречается в борах, где он представлен такими зелеными мхами, как *Dicranum*, *Pleurozium* и т. д.

Влажноватые (гигромезофильные 2-3) местообитания, характеризуются наиболее благоприятными условиями увлажнения на протяжении всего сезона вегетации. Такие гигротопы в пределах данного ряда гигрогенного замещения дают древесной максимальной продуктивности. Гигромезофильные гигротопы способствуют формированию лесов, включающих древесно-кустарниковые виды, свойственные гигротопу 2. Степные кустарниковые ценозы (F) в подобных позициях почти не встречаются. Травянистый покров слагается из преобладающего ядра гигромезофитов: осоки ранней, ландыша, а для дубрав (D) следует отметить синузию так называемого "дубравного широколиственного", слагающегося из гигромезофильных лесных видов: купены многоцветковой, медуницы неясной, фиалки удивительной, копытня, колокольчика крапиволистного и др.

Влажные (мезогигрофильные 3) местообитания по режиму увлажнения напоминают предыдущий гигротоп. Однако в дождливые годы и в годы с сильным половодьем (для поемных лесов) наблюдаются признаки перенасыщения влагой. Древесной в основном слагается из пород, которыми характеризуются ценозы влажноватых местообитаний. В продолжительнопоемных лесах важно отметить появление вербы, тополя белого и серолоза. В борах часто встречается береза пушистая и осина. В кустарниково-травянистом покрове преобладают такие мезогигрофиты, как ежевика, молиния, сныть, чистец лесной и др.

Сырые (гигрофильные 4) местообитания принадлежат к гигротопам с избыточным увлажнением. В древесном и кустарниковом ярусах особого распространения достигают гигрофильные виды: верба белая, ольха черная, лозы, достигающие лучших бонитетов. Такие породы, как вяз, сосна, береза, в этих условиях отличаются снижением бонитета. Для травянистого яруса характерно наличие гигрофитов – так называемого сырого крупнотравья, нередко также именуемого плавневым разнотравьем. В состав такой синузии могут входить следующие виды: окопник лекарственный, чистец болотный, вербейник обыкновенный, вероника длиннолистная, молочай болотный, зюзники, алтейный корень и др. В борах характерно господство вейника ланцетолистного.

Гигротоп 5 характеризует мокрые (ультрагигрофильные) местообитания, где наблюдаются признаки заболачивания. В таких, сравнительно жестких, условиях жизни из древесных пород остаются гигрофиты – верба, ольха черная, лозы, причем и они нередко испытывают признаки угнетения. Сосна на торфяных болотах уступает свои позиции березе; при этом последняя под влиянием избыточного увлажнения значительно снижает свой бонитет. В травянистом ярусе – так называемое болотное разнотравье, в состав которого входят ультрагигрофиты: тростник, осока изящная, частухи, омежник, сусак, сфагновые мхи и другие.

Если число встреч некоторого вида почвенных беспозвоночных в пределах определенного гигротопа разделить на общее число встреч почвенных животных в пределах этого гигротопа, то получим частоту встречаемости вида (табл. 1). Для получения меры предпочтения видом определенного гигротопа необходимо каждую ячейку в строке разделить на сумму всех ячеек по строке. Каждому уровню увлажнения можно присвоить весовой коэффициент: $K_s - 1$, $M_s K_s - 2$, ..., $U H_g - 8$. Далее необходимо найти произведение меры предпочтения видом биотопа на весовой коэффициент соответствующей колонки, а результаты по каждой строке – сложить. Таким образом можно получить меру гигрофильности вида (МГ). Мера гигрофильности может изменяться от 1 до 8, указывая на положение оптимума вида в градиенте условий влажности. Малые значения меры гигрофильности указывают на тяготение вида к ксерофильным станциям, а большие – к гигрофильным. Так, например, личинки шелкона *Agropyne murinus* имеют меру гигрофильности 1,9, что свидетельствует о приуроченности вида к ксерофильным станциям (см. табл. 1). Действительно, этот вид встречается в степных сообществах, является

фитофагом, что рассматривается как адаптация к дефициту влажности. Другой вид шелконов *Melanotus brunripes* (МГ=3,2) чаще встречается под пологом леса в более влажных стациях. Среди дождевых червей *Allolobophora c. caliginosa* и *Allolobophora r. rosea* первый является более влаголюбивым (МГ=5,5). Этот вид предпочитает луговые сообщества, в то время как дождевой червь *Allolobophora r. rosea* (МГ=3,3) часто может быть встречен в степных сообществах. Дождевой червь *Eiseniella t. tetraedra* (МГ=7,4) является амфибионтом и может обитать в сильно увлажненных почвах и переносить долгое время существование в водной среде.

Таблица 1

Частота встречаемости видов почвенных животных в различных грациях увлажнения экотопов степного Приднепровья (фрагмент таблицы, которая включает 471 строку)

№	Вид почвенных животных	Ks	MsKs	KsMs	Ms	HgMs	MsHg	Hg	UHg	МГ
34	<i>Agrypnus murinus</i>	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	1,9
...
37	<i>Allolobophora c. caliginosa</i>	0,00	0,00	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,02	5,5
38	<i>Allolobophora r. rosea</i>	0,07	0,03	0,03	0,03	0,02	0,01	0,01	0,01	3,2
...
78	<i>Arctogeophilus macrocephalus</i>	0,00	0,01	0,02	0,02	0,02	0,01	0,03	0,03	5,3
...
211	<i>Eiseniella t. tetraedra</i>	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,03	0,03	7,4
...
293	<i>Megaphyllum kievense</i>	0,00	0,00	0,01	0,02	0,01	0,00	0,02	0,02	5,8
294	<i>Megaphyllum rossicum</i>	0,00	0,03	0,02	0,02	0,01	0,01	0,02	0,01	4,4
295	<i>Megaphyllum sjaelandicum</i>	0,00	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,02	5,2
296	<i>Melanotus brunripes</i>	0,00	0,00	0,02	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,2
297	<i>Melolontha melolontha</i>	0,07	0,00	0,00	0,01	0,00	0,01	0,00	0,00	2
...
	Всего	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	

На основании приуроченности почвенных животных к грациям увлажнения эдафотоп – гигротопу – могут быть установлены гигроморфы почвенных животных. Гигроморфа – это совокупность живых организмов, предпочитающих определенный режим увлажнения. Если речь идет о почвенных животных, то это режим увлажнения почвенного покрова. Гигротоп является основой при установлении гигроморф, но по своей природе гигротоп является категорией, которая в первую очередь применяется для типологии лесных биогеоценозов. Механический перенос типологических единиц растительного покрова на процесс выделения экологических групп почвенных (и, впрочем, других групп) животных не является правомочным. Гигроморфы почвенных животных являются синэкологическими единицами, которые отражают особенности организации именно сообществ почвенных животных. Только исходя из этого принципа можно ожидать от такого методического подхода дополнительной информации об особенностях организации комплексов почвенных животных и индикационной и диагностической ценности полученных синэкологических единиц. Гигроморфа как экологическая группа должна обладать свойством однородности и относительной дискретности.

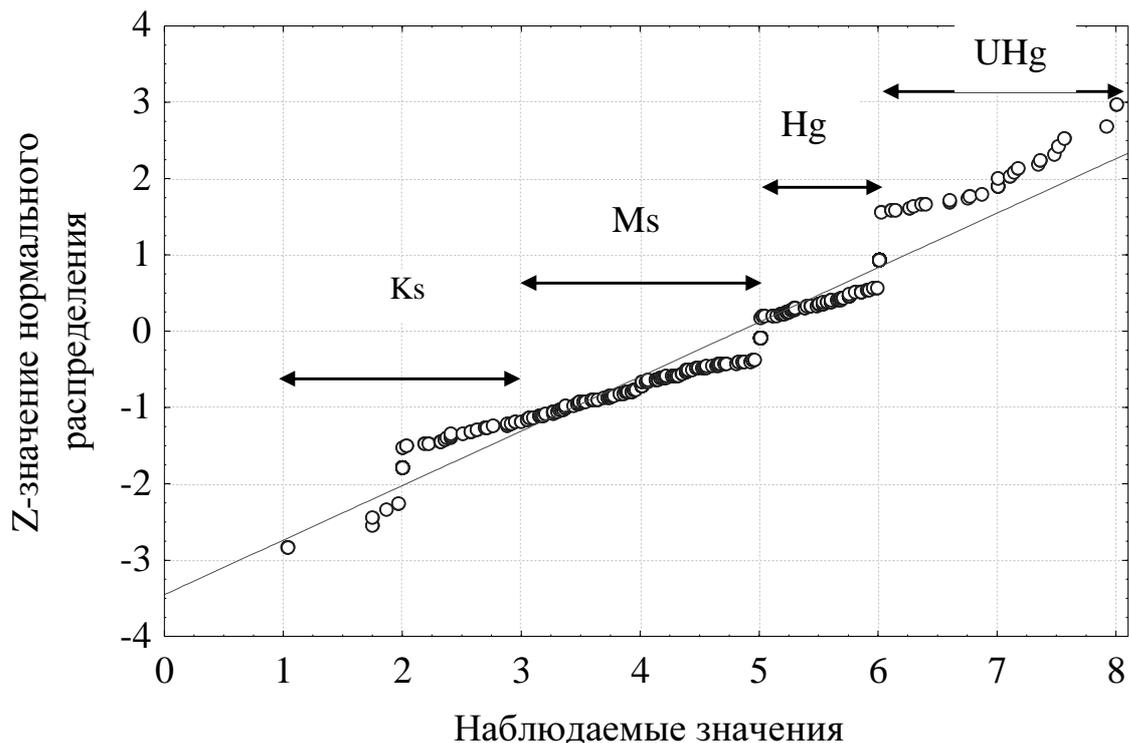


Рис. 1. Ранжированные значения меры гигрофильности почвенных беспозвоночных и их z-трансформированные значения, а также разбиение на гигроморфы

Предложенная мера гигрофильности позволяет ранжировать виды почвенных животных в градиенте условий влажности от тех видов, которые предпочитают более ксерофильные условия до тех, которые предпочитают наиболее гигрофильные условия. Для выделения дискретных и однородных группировок животных может быть применена следующая процедура. Численные данные о мере гигрофильности почвенных животных могут быть преобразованы в виде z-значений. Для вычисления z-значения необходимо ранжировать отклонения изучаемой величины от среднего в порядке возрастания. После этого z-значение рассчитывается:

$$z_j = \Phi^{-1}[(3 * j - 1)/(3 * N + 1)],$$

где Φ^{-1} – обратная кумулятивная функция нормального распределения, j – ранг, N – число элементов в выборке.

Наблюдаемые значения необходимо разместить как ординаты точек, а z-значения – как абсциссы. Если распределение случайной величины подвержено нормальному закону, то все точки на рисунке должны ложиться на прямую линию. Нормальное распределение возникает тогда, когда на случайную величину не оказывает действие какая-либо сила, либо действующих сил много и среди них нет ведущей. На рис. 1 видно, что линия состоит из трех изолированных отрезков, каждый из которых близок к прямой линии. Это дает нам основание предполагать, что в отношении условий влажности изученные виды почвенных животных могут быть отнесены к трем дискретным и однородным группам. Первая группа охватывает диапазон значений меры гигрофильности от 1 до 5, вторая – от 5 до 6, третья – от 6 до 8. Очевидно, что диапазон покрытия первой группой очень широк, он занимает пять градаций влажности эдафотопы. Кроме того, в эту группу входит существенное число видов – 169.

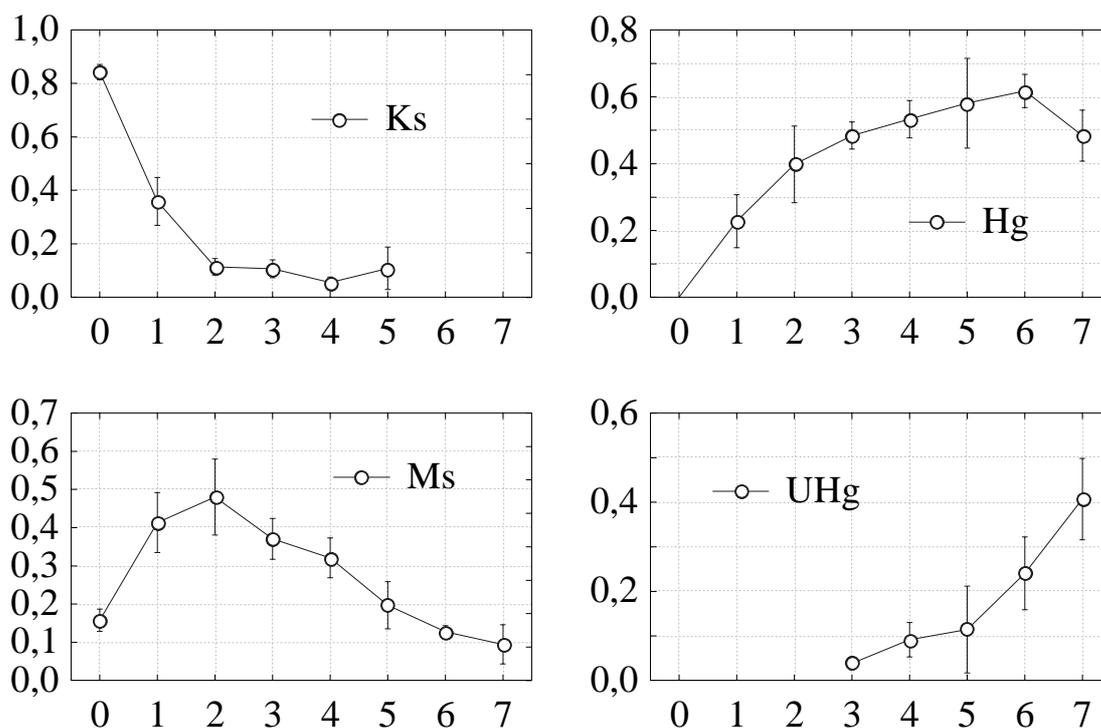


Рис. 2. Долевое участие гигроморф в комплексе почвенных беспозвоночных (среднее и доверительный интервал 95%) в градиенте условий влажности. По оси абсцисс гигротопы: 0 – ксерофильные; 1 – мезоксерофильные; 2 – ксеромезофильные; 3 – мезофильные; 4 – гигромезофильные; 5 – мезогигрофильные; 6 – гигрофильные; 7 – ультрагигрофильные. По оси ординат – долевое участие

Поэтому помимо критериев однородности и дискретности для выделения гигроморф следует ввести критерий соразмерности. На основании этого критерия первая группа может быть разбита на две подгруппы – от 1 до 3 и от 3 до 5. Виды почвенных животных, которые характеризуются мерой гигрофильности от 1 до 3 могут быть отнесены к гигроморфе ксерофилов. К группе ксерофилов относится 57 видов (12,1%) из числа изученных в данном исследовании. Почвенные животные с мерой гигрофильности от 3 до 5 могут быть отнесены к группе мезофилов – их 112 видов (23,7%). Гигрофилы имеют меру гигрофильности в пределах от 5 до 6. Таких видов обнаружено 170 видов (36%). Если мера гигрофильности вида находится в интервале от 6 до 8, то такой вид является амфибионтом – ультрагигрофилом. К числу этой гигроморфы относятся 133 вида (28,2%).

По закону минимума-максимума экстремальными условиями влажности являются условия сухости или избыточного увлажнения. Поэтому именно среди гигроморфы ксерофилов, с одной стороны, и среди гигроморфы ультрагигрофилов, с другой, следует ожидать представителей, обладающих выраженными адаптациями к специфическим условиям влажности.

Гигроморфы почвенных животных

Ks	Ms	Hg	UHg
Crustacea, Isopoda			
	<i>Armadillidium vulgare</i>	<i>Trachelipus rathkii</i> C.L. Koch	<i>Protracheoniscus topcziewi</i> Bor.
Oligohaeta, Lumbricidae			
	<i>Dendrobaena veneta</i> (Rosa, 1896), <i>Dendrobaena auriculatus</i> (Rosa, 1897), <i>Helodrilus antipae tuberculatus</i> (Cernosvitov, 1935), <i>Dendrobaena schmidti tellermanica</i> Perel, <i>Eisenia fetida</i> (Savigny, 1826), <i>Eisenia nordenskioldi nordenskioldi</i> (Eisen, 1879), <i>Allolobophora rosea rosea</i> (Savigny, 1826)	<i>Eisenia intermedia</i> (Michaelsen, 1901), <i>Lumbricus terrestris</i> Linnaeus, 1758, <i>Eisenia uralensis</i> Malevič, 1950, <i>Perelia tuberosa</i> (Svetlov, 1924), <i>Lumbricidae sp. sp.</i> , <i>Dendrodrilus rubidus tenuis</i> (Eisen, 1874), <i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1885), <i>Allolobophora caliginosa caliginosa</i> (Savigny, 1826), <i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884), <i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826).	<i>Lumbricus rubellus</i> Hoffmeister, 1843, <i>Eiseniella tetraedra tetraedra</i> (Savigny, 1826).
Myriapoda (Diplopoda, Geophilomorpha, Lithobiomorpha, Scolopendromorpha)			
<i>Hessebius multicalcaratus</i> Folk., <i>Cryptops (C.) hortensis hortensis</i> , <i>Pachimerium ferrugineum</i> C.L. Koch.	<i>Monotarsobius crassipes</i> L.K., <i>Schendyla nemorensis</i> (C.L. Koch, 1837), <i>Lithobius forficatus</i> L., <i>Escarius retusidens</i> Att., <i>Rossiulus kessleri</i> (Lohmander, 1927), <i>Megaphyllum rossicum</i> (Timotheew, 1897), <i>Monotarsobius curtipes</i> C.K.	<i>Schizotaenia ornata</i> Folk., <i>Brachyiulus jawlowskii</i> (Lohmander, 1928), <i>Megaphyllum kievense</i> (Lohmander, 1928), <i>Megaphyllum sjaelandicum</i> (Meinert, 1868), <i>Monotarsobius aeruginosus</i> L.K., <i>Schizothuranius dmitriewi</i> (Timotheew, 1897), <i>Geophilus proximus</i> C.L. Koch, <i>Arctogeophilus macrocephalus</i> Folkmanova, Dobroruka, 1960.	<i>Lithobius lucifugus</i> L.K., <i>Lithobius mutabilis</i> L.K.

Ks	Ms	Hg	UHg
Mollusca			
<i>Chondrula tridens</i> (Mull.), <i>Cochlicopa lubrica</i> (Mull.)	<i>Cepaea hortensis</i> (Mull.), <i>Cochlodina laminata</i> (Mont.), <i>Merdigera obscura</i> (Mull.), <i>Euomphalia strigella</i> (Drap.)	<i>Aegopinella nitens</i> (Gm.), <i>Discus ruderatus</i> (Fer.), <i>Zonitoides nitidus</i> (Mull), <i>Mollusca sp. sp.</i> ,	<i>Coretus corneus</i> (L.), <i>Euconulus fufvus</i> (Mull.), <i>Succinea pfeifferi</i> Rssm., <i>Vallonia pulchella</i> (Mull.), <i>Limax sp.</i> , <i>Pseudotruchia rubiginosa</i> (A. Schm.), <i>Nesovitrea petronella</i> (L. Pfr), <i>Vitrina pellucida</i> (Mull.), <i>Succinea oblonga</i> (Drap.).
Insecta			
Alleculidae			
<i>Gonodera sp.</i> , <i>Isomira sp.</i> , <i>Omoplus sp.</i> ,			<i>Prionychus melanarius</i> Germ.
Diptera			
<i>Petauristidae sp. sp.</i> , <i>Scatopsidae sp. sp.</i> , <i>Diptera sp. sp.</i> , <i>Asilidae sp. sp.</i> ,	<i>Empididae sp. sp.</i> , <i>Dolichopodidae sp. sp.</i> , <i>Rhagionidae sp. sp.</i> , <i>Tabanidae sp. sp.</i> , <i>Therevidae</i> <i>Stratiomyidae sp. sp.</i> ,	<i>Muscidae sp. sp.</i> , <i>Bibionidae sp. sp.</i> , <i>Limoniidae sp. sp.</i> ,	<i>Tipulidae sp. sp.</i> ,
Elateridae			
<i>Athous hirtus</i> (Hbst.), <i>Lacon punctatus</i> (Hbst.), <i>Selatosomus latus</i> F., <i>Agriotes brevis</i> Cand., <i>Agriotes gurgistanus</i> Fald., <i>Agriotes sputator</i> L., <i>Melanotus brunnipes</i> Germ., <i>Elateridae sp. sp.</i> , <i>Agrypnus murinus</i> , <i>Cardiophorus rufipes</i> Goeze., <i>Prosternon tessellatum</i> L.	<i>Cardiophorus cinereus</i> (Hbst.), <i>Ectinus aterrimus</i> (L.), <i>Aeloides bicarinatus</i> (Reitt.), <i>Agriotes obscurus</i> (L.), <i>Ampedus sinuatus</i> Germ., <i>Cidnopus minutus</i> L., <i>Cidnopus parvus</i> Panz., <i>Adrastus limbatus</i> F., <i>Selatosomus cruciatus</i> , <i>Anostrius globicollis</i> (Germ.), <i>Selatosomus nigricornis</i> Panz., <i>Athous haemorrhoidalis</i> F.	<i>Agriotes lineatus</i> L., <i>Aeloides rossii</i> (Germ.), <i>Lacon querceus</i> (Hbst.), <i>Athous vittatus</i> , <i>Limonius parvulus</i> Panz., <i>Selatosomus melancholicus</i> , <i>Athous niger</i> L., <i>Ampedus balteatus</i> (L.), <i>Athous subfuscus</i> Mull, <i>Selatosomus aenus</i> L.	<i>Idolus picipenis</i> , <i>Dalopius marginalis</i> ,

Ks	Ms	Hg	UHg
Scarabaeidae			
<i>Lethrus apterus</i> Laxm., <i>Miltotrogus aequinoctialis</i> Hrbst., <i>Melolontha melolontha</i> L.	<i>Amphimalon assimilis</i> Hrbst., <i>Cetonia aurata</i> L., <i>Anoxia segetum</i> , <i>Polyphylla fullo</i> L., <i>Anomala dubia</i> Scop., <i>Onthophagus</i> sp., <i>Scarabaeidae</i> sp. sp., <i>Geotrupes stercorarius</i> L., <i>Amphimalon solstitialis</i> Hrbst., <i>Serica brunnea</i> L., <i>Miltotrogus vernus</i> Germ., <i>Rhizotrogus aestivus</i> Ol.,		
Tenebrionidae			
<i>Alphitophagus bifasciatus</i> Say, <i>Crypticus quisquilius</i> L., <i>Oodescelis polita</i> Sturm, <i>Tentyria nomas</i> Pall., <i>Uloma culinaris</i> L., <i>Helops coeruleus</i> L., <i>Tenebrionidae</i> sp. sp., <i>Asida lutosa</i> Sol., <i>Cylindronotus brevicollis</i> Kust.,	<i>Blaps galophila</i> Fisch.	<i>Halictus</i> sp.	

Изменение условий влажности почвы приводит к изменению экологической структуры сообщества почвенных животных. Прослеживается отчетливая динамика трофической (рис. 4) и топической структур (рис. 5) комплексов почвенной мезофауны в градиенте условий влажности.

Соотношение гигроморф почвенных животных можно использовать для индикации условий влажности почвы и диагностики гигротопов. Диагностика гигротопов на практике может осуществляться с помощью дихотомического ключа, подобно тому, как это делается для видовой диагностики при определении видов животных и растений. Дихотомический ключ представляет собой набор вербальных правил, с помощью которых можно идентифицировать интересующий объект и отличить от других подобных объектов.

Для получения диагностического ключа был проведен статистический анализ с применением процедуры классификационных деревьев [3]. Результатом анализа стало классификационное дерево диагностики гигротопов лесных биогеоценозов степного Приднепровья по гигроморфам почвенных животных (рис. 3). Классификационное дерево содержит правила разбиения объекта на два новых подчиненных объектов. Так как от каждого узла дерева возникают две ветви, указывающих на новые объекты, дерево является дихотомическим.

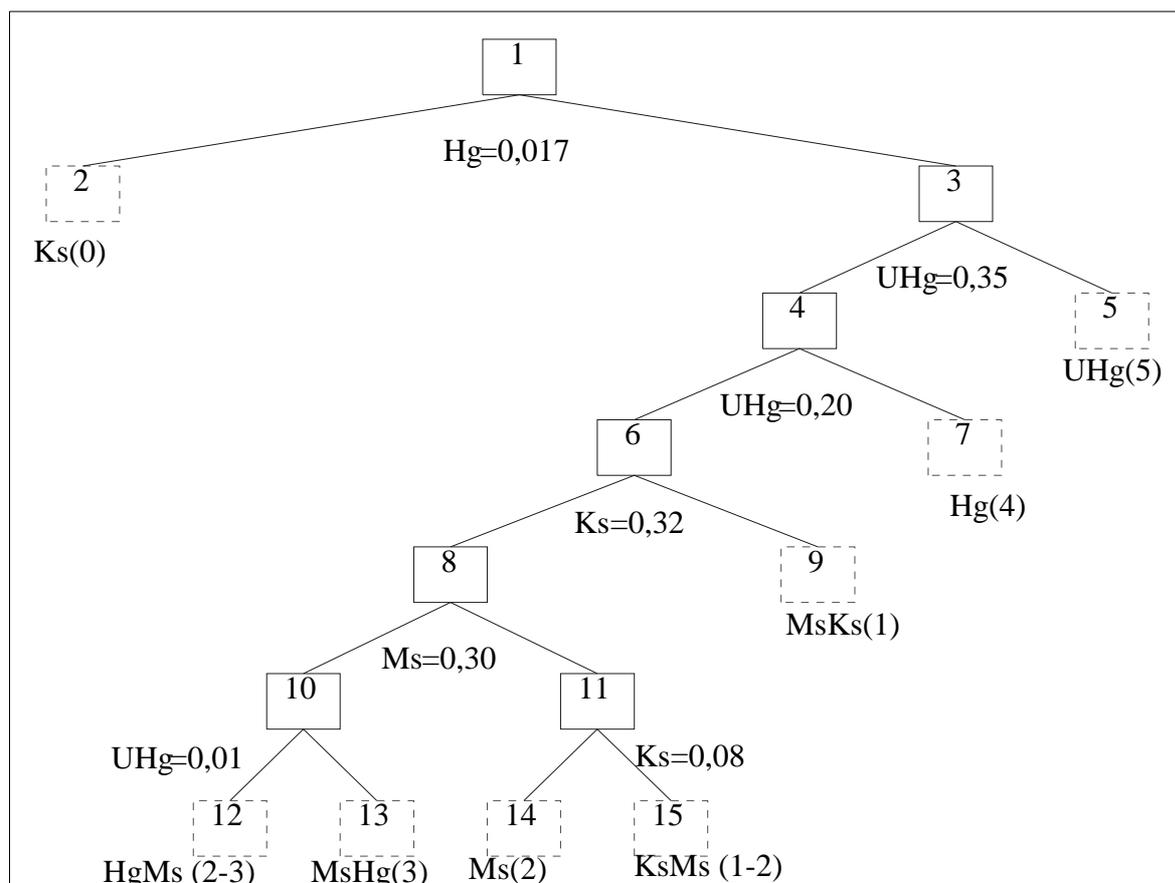


Рис. 3. Классификационное дерево диагностики гигротопов лесов степной зоны по гигроморфам (комментарии в тексте)

Так, изначально целостный объект (1) может быть разбит на два новых – (2) и (3). Объект (2) объединяет сообщества почвенных животных, которые формируются в ксерофильных условиях увлажнения; объекту (3) соответствуют все остальные сообщества. Критерием разделения объекта (1) на объекты (2) и (3) является доля в сообществе гигрофилов: если в сообществе доля гигрофилов менее 0,017, то такое сообщество может быть отнесено к таковым, которые формируются в ксерофильных условиях увлажнения. В противном случае сообщество относится к прочим. Таким образом, получаем вербальное диагностическое правило: в ксерофильных гигротопах среди почвенных животных доля гигрофилов не более 0,017. При дальнейшем изложении материала будет показано, что ультрагигрофилов не бывает больше гигрофилов. Поэтому в ксерофильных станциях ультрагигрофилов еще меньше 0,017. Примем во внимание, что порог 0,017 сам является очень низким, поэтому количественная норма 0,017 может быть охарактеризована как "пренебрежительно мало". Вербальное диагностическое правило может быть перефразировано в положительное утверждение: в ксерофильных гигротопах сообщество почвенных животных состоит из ксерофилов и мезофилов.

Критерием для разбиения объекта (3) на объекты (4) и (5) является доля в сообществе ультрагигрофилов: если их доля меньше 0,35, то это объект 4, а если больше – то это объект 5. Объект (5) соответствует ультрагигрофильным станциям. Таким образом, получаем следующее диагностическое правило: если в сообществе доля ультрагигрофилов более 0,35, то это сообщество формируется в условиях мокрого гигротопа. С помощью правила можно установить сырые гигротопы: если в сообществе ультрагигрофилов больше 0,20 (но не больше 0,35), то такое сообщество почвенных животных формируется в сырых гигротопах.

При дальнейшем продвижении вниз по классификационному древу можно продолжить выведение вербальных правил, но их сложность будет постоянно увеличиваться, что не совсем удобно. Более приемлемым способом можно считать использование дихотомического диагностического ключа, который приводится ниже.

Ключ для диагностики гигротопов лесов степной зоны Украины по гигроморфической структуре животного населения почв (мезофауна):

- 1(2) Ксерофилы составляют большинство комплекса (более 0,8).
Гигрофилы практически не встречаются (их доля меньше 0,017)...Ks(0);
- 2(3) Ультрагигрофилов больше 0,35UHg(5);
- 3(4) Ультрагигрофилов больше 0,20Hg(4);
- 4(5) Ксерофилов больше 0,32MsKs (1);
- 5(8) Мезофилов больше 0,30
- 6(7) Ксерофилов больше 0,08KsMs(1-2);
- 7(6) Ксерофилов меньше 0,08Ms(2);
- 8(5) Мезофилов меньше 0,30
- 9(10) Ультрагигрофилов меньше 0,01Hg(2-3);
- 10(9) Ультрагигрофилов больше 0,01MsHg(3).

Почвенно-зоологическая характеристика гигротопов лесов степной зоны Украины

Сухие (ксерофильные 0-1) местообитания характеризуются существенным доминированием ксерофильных почвенных животных (их доля составляет не менее 0,8 в комплексе). Остальную часть комплекса формируют мезофилы. Представители других гигроморф в ксерофильных станциях практически не встречаются.

В трофическом отношении преобладают фитофаги (0,61–0,76) и зоофаги (0,14–0,27). Эндогейные почвенные животные (0,77–0,90) преобладают над эпигейными, норники в сухих условиях отсутствуют (рис. 4).

В таксономическом отношении наиболее обычными обитателями сухих местообитаний являются насекомые – Scarabaeidae (*Melolontha melolontha*), Elateridae (*Agrypnus murinus*, *Cardiophorus rufipes*, *Prosternon tessellatum*), Curculionidae, Carabidae, Tenebrionidae, Diptera) и пауки. Редко встречаются многоножки (Geophilomorpha – *Pachimerium ferrugineum*) и очень редки малощетинковые черви – Enchytraeidae при ручной разборке проб не встречаются, дождевые черви представлены единственным видом *Allolobophora r. rosea*.

Суховатые (мезоксерофильные 1) местообитания населены ксерофилами (0,26–0,45) и мезофилами (0,33–0,49). Представители гигрофилов встречаются реже и их доля в комплексе находится на уровне 0,15–0,31. Особенностью трофической структуры сообщества является практически равное участие в комплексе сапрофагов (0,34–0,50) и фитофагов (0,29–0,46). Зоофаги составляют 0,11–0,33 от суммарной численности сообщества. Важную роль в сообществе играют собственно почвенные формы беспозвоночных (0,51–0,67). Доля эпигейных форм составляет 0,17–0,38, норников – 0,06–0,21.

Существенную часть комплекса суховатых гигротопов составляют личинки жуков-щелкунов (Elateridae) – *Agriotes gurgistanus*, *Agriotes brevis*, *Agriotes sputator*, *Selatosomus latus*, а также личинки пиллюльщиков (Birrhidae), пыльцеедов (Alleculidae) – *Isomira sp.*, *Gonodera sp.*, *Omophlus sp.* и чернотелок – *Cylindronotus brevicollis*, *Crypticus quisquilius*, *Oodescelis polita*. Обильны и разнообразны в видовом отношении представители личинок двукрылых (Asilidae, Rhagionidae, Therevidae и др.). Многообразны личинки пластинчатоусых жуков: *Miltotrogus vernus*, *Rhizotrogus aestivus*, *Amphimalon solstitialis*, личинок жуков-чернотелок: *Alphitophagus bifasciatus*, *Asida lutosa*, *Crypticus quisquilius*, *Cylindronotus brevicollis*, *Oodescelis polita*, *Tentyria nomas*, *Uloma culinaris*.

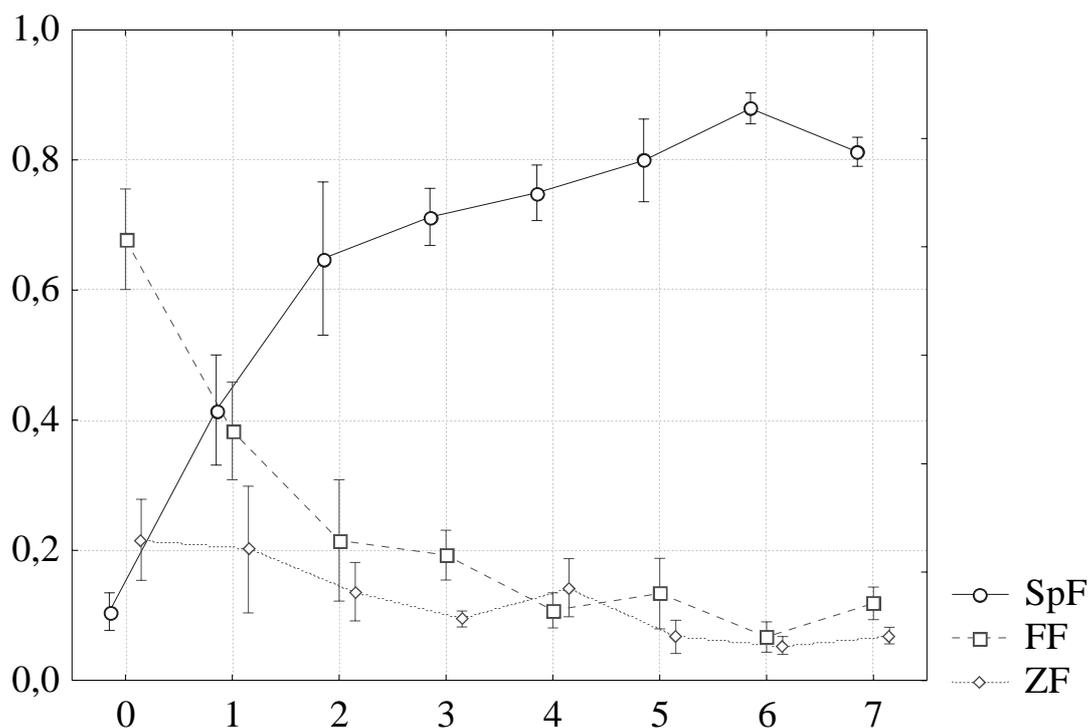


Рис. 4. Трофическая структура комплексов почвенных беспозвоночных гигротопов лесных биогеоценозов степной зоны Украины. По оси абсцисс – градации увлажнения (обозначения – см. рис. 1); по оси ординат – долевое участие трофоморф. SpF – трофоморфа сапрофагов; FF – трофоморфа фитофагов; ZF – трофоморфа зоофагов

Моллюски представлены видами *Chondrula tridens*, *Euomphalia strigella* и *Merdigera obscura*. Встречается 5 видов многоножек-диплопод, наиболее многочисленными из которых являются *Rossiulus kessleri* и *Megaphyllum rossicum*. Геофилморфные многоножки представлены 4 видами, среди которых доминирует *Pachimerium ferrugineum*. Многоножки-костянки представлены *Monotarsobius aeruginosus* и *Monotarsobius curtipes*.

В суховатых гигротопах видовое богатство дождевых червей достигает 5 видов, среди которых важную роль играет *Allolobophora r. rosea*. Специфичным для этого гигротопа является червь *Dendrobaena auriculatus*. Численность Enchytraeidae находится на уровне 15,3 экз./м².

Свежеватые (ксеромезофильные 1-2) местообитания отличаются от суховатых местообитаний меньшей долей ксерофилов (0,08–0,15) и существенной ролью в комплексе мезофилов (0,38–0,58) и гигрофилов (0,28–0,51). Эпизодически встречаются ультрагигрофилы. Доминирующей трофической группой являются сапрофаги (0,52–0,76), которым уступают в своем значении фитофаги (0,12–0,31). Доля зоофагов в комплексе составляет 0,09–0,18, что несколько меньше доли хищников в суховатых гигротопах. Эпигейные формы составляют 0,24–0,48 от суммарной численности комплекса, эндогейные – 0,40–0,72. Доля норников в сообществе невелика – 0,02–0,14.

Ксеромезофильные условия влажности становятся доступными для дождевых червей *Octolasion lacteum*, *Helodrilus antipae tuberculatus*, *Eisenia nordenskioldi nordenskioldi*, *Eisenia fetida*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Dendrobaena octaedra*. Всего в ксеромезофильных станциях в условиях степных лесов может быть встречено 9 видов дождевых червей. Численность Enchytraeidae находится на уровне 25,9 экз./м².

Значительного разнообразия и обилия достигают в ксеромезофильных станциях подстилочные многоножки – костянки. Их может быть встречено 5 видов. Наряду с весьма

обычными в лесных ценозах *Monotarsobius curtipes* и *Monotarsobius aeruginosus*, необходимо отметить появление в ксеромезофильных стадиях *Hessebius multicalcaratus* и *Lithobius forficatus*.

Обитателями минеральных почвенных горизонтов являются землянки, которые также обильны и разнообразны в ксеромезофильных гигротопах. Всего в ксеромезофильных условиях можно встретить 5 видов геофилид. Доминирующий вид – *Escarius retusidens*.

В ксеромезофильных стадиях встречается 6 видов диплопод, из которых доминантами являются *Megaphyllum kievense* и *Rossiulus kessleri*.

Доминантом среди моллюсков является *Chondrula tridens*. Важную роль в комплексе занимают *Succinea oblonga*, *Nesovitrea petronella*, *Discus ruderratus*, *Cepaea hortensis*.

Среди личинок Elateridae типичными обитателями ксеромезофильных стадий являются *Ampedus balteatus*, *Ampedus sinuatus*, *Athous haemorrhoidalis*, *Melanotus brunnipes*, *Prosternon tessellatum* и *Selatosomus nigricornis*.

Обилен и разнообразен комплекс личинок Diptera, обитающих в ксеромезофильных условиях. К наиболее обычным можно отнести Asilidae, Therevidae и Tabanidae.

Мокрицы представлены двумя видами – *Armadillidium vulgare* и *Trachelipus rathkii*.

Свежие (мезофильные 2) местообитания, в которых увлажнение приближается к оптимальному [2]. Основу комплекса почвенных беспозвоночных составляют мезофильные (0,32–0,42) и гигрофильные (0,44–0,53) гигроморфы. Ксерофилы составляют 0,07–0,14 от суммарной численности животного населения, а доля ультрагигрофилов составляет 0,02–0,05.

По сравнению с ксеромезофильными гигротопами в мезофильных стадиях более высока доля сапрофагов (0,69–0,78), происходит снижение доли фитофагов (0,14–0,20) и хищников (0,08–0,11). Доля эпигейных почвенных животных в мезофильных условиях (0,37, 95% доверительный интервал – 0,31–0,43) практически равна доле этой топической группы в ксеромезофильных условиях (0,36, 95% доверительный интервал – 0,24–0,48). Перестройка в топической структуре животного населения почв при переходе от ксеромезофильных к мезофильным условиям происходит за счет снижения роли эндогейных форм (0,38–0,50) и увеличения доли животных-норников (0,16–0,23).

Видовой состав дождевых червей мезофильных гигротопов практически тождествен соседним в ряду гигрогенного замещения. Различия имеют количественный характер. В ксеромезофильных условиях обычно численность дождевых червей ниже, а в гигромезофильных условиях – выше, чем в условиях мезофильных. Четких доминантов среди дождевых червей выявить сложно. Наиболее часто встречаются *Allolobophora c. caliginosa*, *Allolobophora r. rosea*, *Dendrobaena octaedra*, *Eisenia n. nordenskioldi* и *Octolasion lacteum*. Численность Enchytraeidae находится на уровне 62,9 экз./м².

Комплекс литобиоморфных многоножек обилен и разнообразен, мезофильные стадии в наибольшей степени предпочитает *Hessebius multicalcaratus*. Эти же условия увлажнения наиболее оптимальны для геофиломорфной многоножки *Escarius retusidens* и двупарноногой многоножки *Megaphyllum rossicum*.

Влажноватые (гигромезофильные 2-3) местообитания дают древостой максимальной продуктивности [2]. В сравнении с мезофильными стадиями в гигромезофильных происходит снижение доли мезофилов (0,27–0,37) и увеличение доли гигрофилов (0,48–0,59). Ксерофилы встречаются эпизодически (0,03–0,08). Ультрагигрофилы встречаются чаще (0,05–0,13).

В ряду гигрогенного замещения начиная с гигромезофильных стадий трофическая структура животного населения стабилизируется, а её изменчивость определяется случайными причинами. В целом для ряда гигромезофильные → мезогигрофильные → гигрофильные → ультрагигрофильные стадии характерно существенное доминирование сапрофагов (0,70–0,90) над хищниками (0,04–0,18) и фитофагами (0,04–0,25).

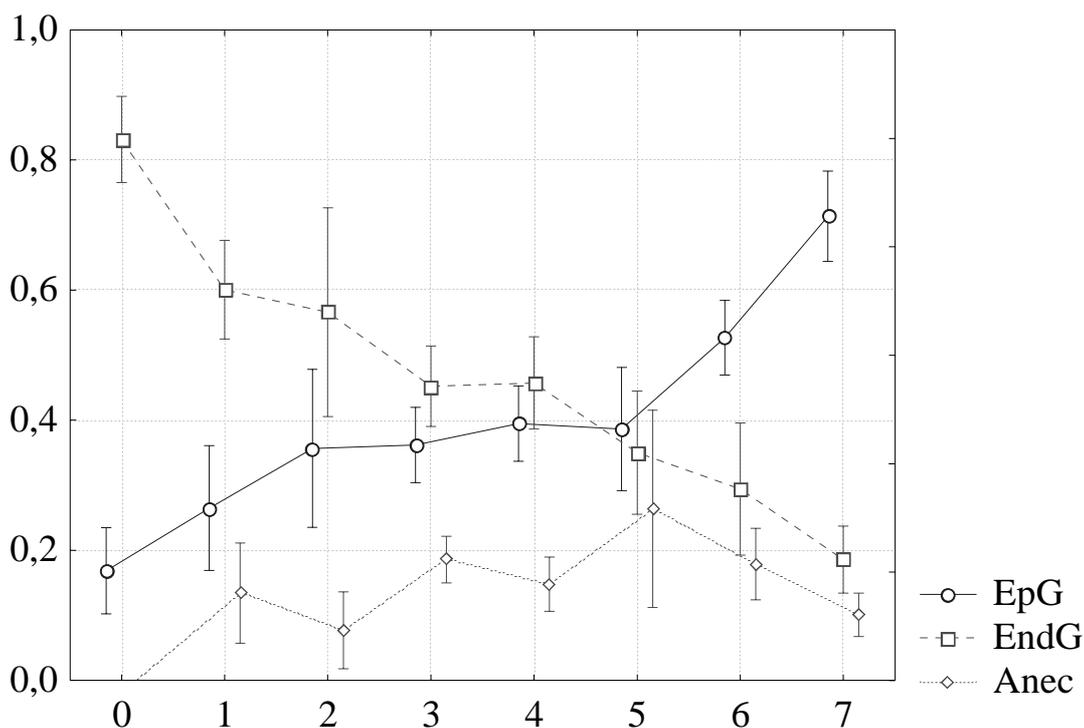


Рис. 5. Топическая структура комплексов почвенных беспозвоночных гигротопов лесных биогеоценозов степной зоны Украины. По оси абсцисс – градации увлажнения (обозначения – см. рис. 1); по оси ординат – долевое участие топоморф. EpG – топоморфа подстилочных животных; EndG – топоморфа собственно почвенных; Anec – топоморфа норников

Топическая структура животного населения гигромезофильных гигротопов подобна той, которая характерна для мезофильных биотопов: эндогейных форм (0,30–0,49) несколько больше эпигейных (0,23–0,46); норники имеют долю 0,10–0,41 от суммарной численности населения почвенных животных.

Доминирующими видами дождевых червей гигромезофильных стадий являются *Lumbricus rubellus*, *Allolobophora r. rosea*, *Eisenia n. nordenskioldi* и *D. octaedra*. Численность Enchytraeidae находится на уровне 150,6 экз./м².

Необходимо отметить предпочтение гигромезофильных стадий губоногими многоножками *Schendyla nemorensis* и *Lithobius forficatus*, а также двупарноногими многоножками *Schizothuranius dmitriewi* и *Megaphyllum sjaelandicum*.

Обильной и разнообразной группой являются моллюски. Оптимальные условия обитания в гигромезофильных стадиях находят *Euomphalia strigella*, *Euconulus fufvus*, *Chondrula tridens*. Характерными обитателями этого гигротопа являются *Zonitoides nitidus*, *Vitrina pellucida*, *Succinea oblonga*.

Во влажноватых условиях высока численность личинок пластинчатоусых жуков, среди которых доминантом является *Miltotrogus aequinoctialis*; важна роль *Rhizotrogus aestivus* и *Cetonia aurata*.

Среди личинок жуков-щелкунов влажноватые стадии предпочитают *Prosternon tessellatum*, *Lacon querceus*, *Aeoloides rossii* и *Aeloides bicarinatus*.

Из личинок двукрылых насекомых экологический оптимум соответствует влажноватым биотопам для Stratiomyidae, Scatopsidae, Rhagionidae и Limoniidae.

Личинки и имаго уховерток *Forficula auricularis* наиболее часто можно встретить во влажноватых сообществах.

Мокрицы представлены тремя видами, среди которых *Armadillidium vulgare* находится в условиях экологического оптимума.

Влажные (мезогигрофильные 3) местообитания по режиму увлажнения напоминают предыдущий гигротоп [2]. Во влажных условиях доминирующей гигроморфой являются гигрофилы (0,45–0,71). Наиболее существенным отличием влажных местообитаний от влажноватых является снижение доли мезофилов (0,14–0,26). Доли ультрагигрофилов – 0,02–0,21 и ксерофилов – 0,03–0,19 практически не отличаются от тех, которые характерны для влажноватых стадий.

Доли эпигейных форм (0,23–0,46) и эндогейных форм (0,30–0,49) свидетельствуют о паритете этих групп в сообществе животных. Отличительной особенностью топической структуры влажных местообитаний является высокий уровень присутствия животных-норников. В мезогигрофильных гигротопсах норники находят свои оптимальные условия, где демонстрируют наибольшую долю в сообществе (0,10–0,42).

Оптимальными являются влажные местообитания для ряда видов дождевых червей – *Allolobophora c. caliginosa*, *Allolobophora r. rosea*, *Dendrobaena octaedra*, *Dendrodrilus rubidus tenuis*, *Lumbricus rubellus*, *Octodrilus transpadanus*, *Octolasion lacteum*. Высока численность Enchytraeidae во влажных стадиях – 187,3 экз./м².

Типичным представителем губоногих многоножек мезогигрофильных гигротопов является *Geophilus proximus*, а типичными представителями двупарноногих многоножек – *Brachyiulus jawlowskii* и *Megaphyllum sjaelandicum*.

Обильны и разнообразны моллюски. Основу комплекса моллюсков формируют *Sepaea hortensis*, *Nesovitrea petronella*, *Succinea oblonga*, *Vitrina pellucida*.

Для личинок пластинчатоусых жуков влажные местообитания являются граничными их гигротического ареала. Несмотря на то, что фауна Scarabaeidae разнообразна, но численность этих животных невелика.

Среди личинок Elateridae обычными являются *Adrastus limbatus*, *Aeoloides rossii*, *Agriotes lineatus*, *Ampedus balteatus*, *Athous haemorrhoidalis*, *Dalopius marginalis*, *Selatosomus melancholicus* и *Selatosomus nigricornis*.

Характерными обитателями биогеоценозов в пределах влажных гигротопов являются такие личинки двукрылых, как Tipulidae, Therevidae, Stratiomyidae, Dolichopodidae, Bibionidae.

Высока численность мокриц во влажных биогеоценозах. Равноногие раки представлены двумя видами – *Trachelipus rathkii* и *Protracheoniscus topcziewi*; мокрица *Armadillidium vulgare* встречается эпизодически.

Сырые (гигрофильные 4) местообитания характеризуются преобладанием гигрофилов (0,57–0,67) и высокой долей ультрагигрофилов (0,16–0,32). Мезофильные виды занимают подчиненное положение (0,11–0,14), а ксерофилы встречаются эпизодически.

Из всех лесных биогеоценозов в степной зоне в сырых местообитаниях наблюдается наибольшая доля сапрофагов в трофической структуре почвенной мезофауны (0,82–0,90).

В топической структуре главнейшая роль принадлежит эпигейным формам (0,50–0,68). Это лидерство достигается за счет снижения доли эндогейных форм (0,12–0,29) в сравнении с влажными местообитаниями. Норники также демонстрируют тенденцию снижения роли в сообществе (0,16–0,24).

Важным компонентом сообщества дождевых червей сырых стадий являются *Dendrobaena octaedra*, *Lumbricus rubellus* и *Eiseniella tetraedra tetraedra*.

Численность Enchytraeidae в сырых стадиях находится на уровне 177,3 экз./м².

Из хищных многоножек существенно преобладают костянки, которые в основном представлены *Monotarsobius aeruginosus* и *Monotarsobius curtipes*. Землянки представлены *Arctogeophilus macrocephalus* и *Geophilus proximus*, реже встречается *Escarius retusidens*.

Разнообразен комплекс подстилочных обитателей – сапрофагов Diplopoda. Наиболее характерны для сырых местообитаний *Schizothuranius dmitriewi* и *Megaphyllum sjaelandicum*.

Доминирующими видами моллюсков являются *Succinea oblonga*, *Pseudotrichia rubiginosa* и *Vitrina pellucida*.

Личинки пластинчатоусых в сырых местообитаниях не встречаются. Крайне малочисленны личинки Lepidoptera.

Малочисленны личинки жуков-щелкунов, в основном представлены *Dalopius marginalis*, *Athous haemorrhoidalis* и *Ampedus balteatus*.

Из личинок двукрылых однозначными доминантами и по численности и по биомассе являются Tipulidae.

Важный компонент комплекса почвенных беспозвоночных сырых местообитаний – мокрицы, представленные *Trachelipus rathkii* и *Protracheoniscus topcziewi*.

Гигротоп 5 характеризует мокрые (ультрагигрофильные) местообитания, где наблюдаются признаки заболачивания. Комплекс почвенных беспозвоночных сформирован гигрофилами (0,36–0,57) и ультрагигрофилами (0,38–0,53). Из трофоморф преобладают сапрофаги (0,79–0,84). Фитофаги составляют 0,09–0,14, а хищники – 0,06–0,08 от суммарной численности мезофауны мокрых местообитаний.

Из топоморф наиболее часто встречаются представители подстилочных животных (0,64–0,78).

Среди дождевых червей типичными обитателями мокрых местообитаний являются *Eiseniella t. tetraedra*, *Lumbricus rubellus* и *Dendrobaena octaedra*. Высока плотность в мокрых местообитаниях энхитреид и их основных потребителей – подстилочных хищников *Monotarsobius aeruginosus* и *Monotarsobius curtipes*. Из землянок встречаются *Geophilus proximus* и *Arctogeophilus macrocephalus*, но мокрые станции не являются обычными местами обитания этих видов.

Из кивсяков зоной экологического оптимума мокрые станции являются для *Megaphyllum sjaelandicum*. В этом гигротопе часто встречаются *Schizothuranius dmitriewi*, *Megaphyllum kievense* и *Megaphyllum rossicum*.

Высоким видовым разнообразием и высокой численностью характеризуется комплекс моллюсков ультрагигрофильных местообитаний. Основу комплекса составляют *Coretus corneus*, *Vitrina pellucida*, *Succinea pfeifferi*, *Succinea oblonga*.

Оптимальные условия для своего существования в мокрых местообитаниях находят личинки Tipulidae, реже из личинок двукрылых насекомых можно встретить Stratiomyidae, Tabanidae и Therevidae.

Важным компонентом сообщества почвенных животных мокрых гигротопов являются мокрицы – *Trachelipus rathkii* и *Protracheoniscus topcziewi*.

Список литературы

1. *Гиляров М.С.* Особенности почвы как среды обитания и ее значение в эволюции насекомых. – М., Л.: Изд-во АН СССР, 1949. – 279 с.
2. *Бельгард А.Л.* Степное лесоведение. – М.: Лесная промышленность, 1971. – 336 с.
3. *Жуков А.В., Пулипенко А.Ф.* Идентификация пространственных группировок почвенной мезофауны на уровне микрорельефа // Вісник Дніпропетровського університету. Сер. Біологія. Екологія. – 2001. – Т. 2, вип. 9. – С. 159-165.

Жуков О.В. Гігроморфи ґрунтових тварин та їх діагностичне значення для встановлення гігротопів. – У роботі обговорюється процедура характеристики ґрунтових тварин з точки зору надання ними переваги умовам вологості ґрунту. Ця процедура дозволяє виділити екологічні групи ґрунтової мезофауни – гігроморфи. Показано, що спектри гігроморф є ефективною діагностичною ознакою, що дозволяє виділяти гігротопи біогеоценозів.

Ключові слова: ґрунтова фауна, екологічні групи, гігроморфи, гігротоп.

Zhukov A.V. Soil animals gygromorphs and their diagnostic importance for gygrotops indicating. – The soil animals characterize procedure in the view their preference of the soil humidity conditions has been discussed in the work. This procedure allows to differ soil macrofauna ecological groups – gygromorphs. The gygromorphs spectrum have been shown to be an effective diagnostic indicator that allows to find biogeocoenosis gygrotops.

Key words: soil fauna, ecological groups, gygromorphs, gygrotop.

О.Н. Кунах

**ТРОФИЧЕСКИЕ ГРУППЫ ПОЧВЕННОЙ МЕЗОФАУНЫ ЦЕНТРАЛЬНОЙ ПОЙМЫ
Р. САМАРА**

*Днепропетровский национальный университет; 49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13
e-mail: olga-kunakh@rambler.ru*

Кунах О.Н. Трофические группы почвенной мезофауны центральной поймы р. Самара. – В работе показано, что изменение трофической структуры сообщества почвенных животных имеет последствия на экосистемном уровне в аспекте изменения функционирования почвенного блока. Необходимо отметить корреляцию между снижением доли сапрофагов в трофической структуре и преобладанием процессов минерализации над процессами гумификации. Поэтому очень важно рассмотрение изменений трофической структуры почвенной мезофауны во взаимосвязи с изменениями биологической активности почв.

Ключевые слова: почвенная фауна, трофические группы, функциональное разнообразие.

Введение

В экологии используется множество способов для определения функциональных групп, и эта практика имеет долгую историю. Функциональная группа определяется, как совокупность видов, которая либо демонстрирует сходный ответ на изменения окружающей среды, либо оказывает сходное воздействие на экосистемные процессы. Кроме того, функциональная группа может быть идентифицирована, как кластер в признаковом пространстве, который выделен средствами многомерной статистики, без априорной классификации по отношению к реакции на окружающую среду либо по влиянию на экосистемные процессы (так называемые эмерджентные группы) [1]. Термины "функциональная группа" и "функциональный тип" часто используются как синонимы. Другие близкие термины – "гильдия" и "экологическая группа" – имеют тесное отношение к концепции экологической ниши [2]. Под функциональным разнообразием понимается множественное количественное проявление признаков организмов, которые влияют на экосистемные свойства [3]. Функциональное разнообразие может быть представлено различными способами. Это может быть число и относительное обилие функциональных групп [4, 5], "множество взаимодействий с экологическими процессами", среднее различие между видами по функционально важным признакам [6].

Материал и методы исследования

Почвенные животные в настоящей работе разделены на три трофические группы: зоофаги, сапрофаги и фитофаги. В действительности, трофические режимы почвенных животных невозможно свести к трем трофическим группам, так как трофические взаимоотношения животных, обитающих в почве, очень разнообразны и зависят от множества факторов. Это нашло своё отражение в существовании целого ряда трофических систем, разработанных для различных таксономических групп почвенных животных. Принадлежность животного к группе зоофагов, сапрофагов или фитофагов свидетельствует о преобладании данного пищевого режима изучаемого животного. Анализ трофической структуры почвенной мезофауны позволяет проводить зоологическую диагностику почв.

Для учета крупных беспозвоночных (мезофауны), которые исследовались в настоящей работе, применялся метод раскопок и ручной разборки проб почвы. Этот метод наиболее универсален, технически прост и применим при работах на почвах с разным механическим составом и разной степени окультуренности. Наиболее оптимальным размером почвенно-зоологических проб является 0,25 м² (50 x 50 см). Отбор проб производился до нижнего предела встречаемости почвенных животных (30-50 см). Отобранные животные фиксировались в 70-80% этиловом спирте и 4% формалине.

Состав трофических групп почвенных животных центральной поймы реки Самара представлен в таблице 1.

**Видовой состав трофических групп почвенной мезофауны центральной поймы
р. Самара**

Зоофаги	Сапрофаги	Фитофаги
Aranea sp. sp., <i>Arctogeophilus macrocephalus</i> Folkmanova, Dobroruka, 1960, <i>Athous haemorrhoidalis</i> F., Carabidae sp.sp., <i>Geophilus proximus</i> C.L. Koch, <i>Lithobius forficatus</i> L., <i>Monotarsobius aeruginosus</i> L.K., <i>Monotarsobius crassipes</i> L.K., <i>Monotarsobius curtipes</i> C.K., Rhagionidae sp. sp., Staphilinidae sp. sp., <i>Staphilinus (St.) caesareus</i> Ceder., Stratiomyidae sp. sp., Tabanidae sp. sp., Therevidae sp. sp.	<i>Allolobophora rosea rosea</i> (Savigny, 1826), <i>Brachyiulus jawlowskii</i> (Lohmander, 1928), <i>Dendrobaena octaedra</i> (Savigny, 1826), <i>Eisenia nordenskioldi nordenskioldi</i> (Eisen, 1879), Enchytraeidae sp. sp., <i>Megaphyllum rossicum</i> (Timotheew, 1897), <i>Octodrilus transpadanus</i> (Rosa, 1884), <i>Octolasion lacteum</i> (Oerley, 1885), <i>Protracheoniscus topcziewi</i> Bor., <i>Schizothuranius dmitriewi</i> (Timotheew, 1897), <i>Trachelipus rathkei</i> C.L. Koch	Curculionidae sp.sp., <i>Euomphalia strigella</i> (Drap.), <i>Hypoganus cinctus</i> , Lepidoptera sp. sp., <i>Limax</i> sp., <i>Succinea oblonga</i> Drap., <i>Zonitoides nitidus</i> (Mull)

Трофическая структура животного населения в различных условиях полевого эксперимента в декабре 2003 г., апреле и октябре 2004 г. представлена в таблицах 2–4. Эксперимент по изучению влияния никеля и свинца на разнообразие и функционирование комплекса почвенных беспозвоночных был заложен в ноябре 2003 г. в центральной пойме р. Самара. В эксперименте тяжелые металлы вносились в почвенные образцы площадью 50 x 50 см в двух вариантах концентраций: это количество металлов, необходимое для того, чтобы их концентрация в верхнем 10 см слое почвы соответствовала 2 и 5 ПДК. Для никеля это 46 и 115 мкг/г, а для свинца – 64 и 160 мкг/г. Металлы вносились в форме нитрата. Часть почвенных образцов была экранирована сеткой с размером ячеек 0,5 мм для снижения интенсивности горизонтальной миграции почвенных животных. Сеть такого размера является относительным препятствием для почвенной мезофауны. Сеть была вкопана по периметру образца на глубину 50 см. Отборы проб почвенной фауны производились в ноябре (начальная фаза эксперимента) и в декабре 2003 г., в апреле и октябре 2004 г., следовательно, проведенный эксперимент охватывал практически годичный отрезок времени. В каждом варианте эксперимента учет изучаемых параметров проводился в 5-кратной повторности, таким образом, было отобрано 180 почвенно-зоологических проб. Таксономическое определение представителей почвенной фауны проводилось в лабораторных условиях по определителям почвенных животных. Основная часть представителей почвенной мезофауны была определена до вида, некоторые представители – до более высоких таксономических категорий (например, Lepidoptera, Aranea).

Результаты и обсуждение

Биомасса почвенных животных в контрольных условиях в декабре 2003 г. находилась на уровне 13,92-18,17 г/м². По мере нарастания токсической нагрузки отмечалось снижение биомассы почвенных животных. При загрязнении почвы никелем 2 ПДК биомасса снизилась до уровня 7,95-9,64 г/м², а при 5 ПДК – до 5,73-6,96 г/м².

Загрязнение почвы свинцом 2 ПДК уже на начальном этапе эксперимента привело к уменьшению биомассы животного населения до 5,1-7,01 г/м², а при уровне загрязнения 5 ПДК – до 5,42-7,32 г/м².

Трофическая структура почвенной мезофауны, протеолитическая (PR) и целлюлозолитическая (CL) активности почвы в условиях экспериментального загрязнения почвы тяжелыми металлами (декабрь 2003 г.)

Условие	Зоофаги	Сапрофаги	Фитофаги	Всего, г/м ²	Активность	
					PR	CL
Ni 2 ПДК, без изоляции	1,07	98,93		7,95	33,57	19,25
Ni 2 ПДК, с изоляцией	1,14	98,86		9,64	36,25	20,81
Ni 5 ПДК, без изоляции	4,63	93,10	2,27	5,73	24,34	31,00
Ni 5 ПДК, с изоляцией	5,77	92,81	1,41	6,96	21,40	33,00
Pb 2 ПДК, без изоляции	0,16	95,91	3,93	5,1	42,42	22,00
Pb 2 ПДК, с изоляцией	0,40	94,66	4,94	7,01	41,06	25,00
Pb 5 ПДК, без изоляции	2,62	97,38		7,32	33,15	31,00
Pb 5 ПДК, с изоляцией	3,60	96,40		5,42	34,65	32,00
Контроль без изоляции	2,91	95,69	1,41	13,92	43,90	13,00
Контроль с изоляцией	4,29	93,69	2,02	18,17	41,65	14,00

Примечание. Биомасса трофических групп представлена в % от общей биомассы, протеолитическая активность – в % от поверхности субстрата, целлюлозолитическая – в % от веса субстрата.

Ядро комплекса почвенных животных в центральной пойме формируется из сапрофагов, доля которых составляет 93,69-95,69%. Подчиненное значение имеют хищники (2,91-4,29%) и фитофаги (1,41-2,02%). При загрязнении почвы никелем в количестве 2 ПДК из структуры почвенных животных полностью выпадают фитофаги, а доля зоофагов существенно снижается (до 1,07-1,14%), таким образом, сапрофаги составляют 98,86-98,93%. Нарастание токсического воздействия до уровня 5 ПДК приводит к активизации значения зоофагов (4,63-5,77%) и фитофагов (1,41-2,27%). При загрязнении почвы свинцом в количестве 2 ПДК доля сапрофагов практически не изменяется (94,66-95,91%), в то время как происходит существенное увеличение доли фитофагов (3,93-4,94%) и снижение доли зоофагов (0,16-0,40%). При уровне загрязнения почвы свинцом 5 ПДК из комплекса выпадают фитофаги, а доля зоофагов почти не отличается от контрольных значений (2,62-3,60%), поэтому доля сапрофагов несколько выше, чем в контроле (96,4-97,38%).

Таким образом, токсическое воздействие тяжелых металлов приводит к существенной дестабилизации трофической структуры животного населения уже на первых этапах проведения эксперимента.

Между трофической структурой животного населения почвы в условиях токсического воздействия и биологической активностью почвы существует связь. Регрессионный анализ позволил нам установить зависимость протеолитической и целлюлозолитической активностей почвы от обилия трофических групп почвенных животных. Существенную роль в изменении протеолитической активности почвы играют сапрофаги и фитофаги. Рост протеолитической активности тесно связан с обилием этих трофических групп. Влияние зоофагов на протеолитическую активность не достоверно. Относительно влияния трофической структуры почвенной мезофауны на целлюлозолитическую активность почвы статистически достоверно может быть подтверждено лишь влияние сапрофагов. Между их обилием и целлюлозолитической активностью существует обратная связь – снижение обилия сапрофагов под воздействием токсической нагрузки сопряжено с ростом целлюлозолитической активности. Необходимо отметить, что эта тенденция справедлива в выбранном диапазоне концентраций токсикантов.

Биомасса животного населения почвы в апреле 2004 г. находилась на уровне 13,92-18,17 г/м². Токсическое влияние тяжелых металлов привело к снижению биомассы мезофауны в экспериментальных условиях более чем в два раза. Влияние фактора изоляции образцов на биомассу педобионтов не явилось очевидным.

Таблица 3

Трофическая структура почвенной мезофауны, протеолитическая (PR) и целлюлозолитическая (CL) активности почвы в условиях экспериментального загрязнения почвы тяжелыми металлами (апрель 2004 г.)

Условие	Зоофаги	Сапрофаги	Фитофаги	Всего, г/м ²	Активность	
					PR	CL
Ni 2 ПДК, без изоляции	9,04	86,14	4,82	7,95	75,5	18,5
Ni 2 ПДК, с изоляцией	7,94	90,23	1,83	9,64	61,4	29,0
Ni 5 ПДК, без изоляции	14,28	80,38	5,34	5,73	73,6	22,0
Ni 5 ПДК, с изоляцией	11,97	85,96	2,07	6,96	66,0	32,5
Pb 2 ПДК, без изоляции	9,75	86,58	3,67	5,10	82,1	18,5
Pb 2 ПДК, с изоляцией	8,73	88,10	3,17	7,01	71,9	20,5
Pb 5 ПДК, без изоляции	9,38	85,72	4,89	7,32	77,7	24,5
Pb 5 ПДК, с изоляцией	13,17	82,05	4,78	5,42	75,7	24,0
Контроль без изоляции	5,07	92,65	2,28	13,92	79,5	16,0
Контроль с изоляцией	4,74	92,21	3,05	18,17	75,0	26,0

Примечание. Биомасса трофических групп представлена в % от общей биомассы, протеолитическая активность – в % от поверхности субстрата, целлюлозолитическая – в % от веса субстрата.

Таблица 4

Трофическая структура почвенной мезофауны, протеолитическая (PR) и целлюлозолитическая (CL) активности почвы в условиях экспериментального загрязнения почвы тяжелыми металлами (октябрь 2004 г.)

Условие	Зоофаги	Сапрофаги	Фитофаги	Всего, г/м ²	Активность	
					PR	CL
Ni 2 ПДК, без изоляции	8,07	88,69	3,24	10,21	72,94	21,00
Ni 2 ПДК, с изоляцией	7,11	87,64	5,25	10,42	77,06	13,25
Ni 5 ПДК, без изоляции	11,26	85,87	2,87	8,42	74,29	21,00
Ni 5 ПДК, с изоляцией	5,50	91,55	2,94	10,74	77,84	18,25
Pb 2 ПДК, без изоляции	4,86	91,74	3,41	13,59	77,04	16,50
Pb 2 ПДК, с изоляцией	2,43	93,50	4,08	13,81	82,01	11,75
Pb 5 ПДК, без изоляции	6,02	91,02	2,95	10,67	77,84	16,25
Pb 5 ПДК, с изоляцией	3,04	89,97	7,00	11,40	82,30	12,25
Контроль без изоляции	5,97	90,18	3,85	13,55	78,79	17,00
Контроль с изоляцией	6,27	88,77	4,96	12,55	76,16	14,50

Примечание. Биомасса трофических групп представлена в % от общей биомассы, протеолитическая активность – в % от поверхности субстрата, целлюлозолитическая – в % от веса субстрата.

Весной преобладающей трофической группой мезофауны центральной поймы р. Самара являются сапрофаги. Их биомасса в естественных условиях составляет 12,9 г/м². Биомасса зоофагов (0,71 г/м²) и фитофагов (0,32 г/м²) в сумме на порядок меньше биомассы сапрофагов.

Доминирование сапрофагов над фитофагами свидетельствует о преобладании процессов гумификации над процессами минерализации при разложении мертвых растительных остатков в почве центральной поймы р. Самара. Загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит к снижению роли сапрофагов в комплексе почвенной мезофауны.

В естественных условиях доля сапрофагов составляет 92,21-92,65%. При загрязнении почвы никелем она снижается до 86,14-90,23% (уровень токсического воздействия 2 ПДК) и до 80,38-85,96% (5 ПДК). При загрязнении почвы свинцом доля сапрофагов составляет 86,58-88,1% и 82,05-85,72% (2 и 5 ПДК соответственно). Уменьшение доли сапрофагов в условиях загрязнения почвы тяжелыми металлами происходит в первую очередь за счёт увеличения доли зоофагов и в меньшей степени – доли фитофагов.

Таким образом, влияние токсического воздействия тяжелых металлов испытывают представители различных трофических групп, что находит своё отражение в снижении общей биомассы сообщества почвенных беспозвоночных при нарастании токсического пресса. Но в большей степени снижению подвержена биомасса почвенных сапрофагов, вследствие чего доля этой трофической группы в общей биомассе снижается в тех экспериментальных вариантах, где концентрация токсических веществ выше.

Причиной большей чувствительности почвенных сапрофагов к загрязнению почвы является их тесный контакт с загрязненным субстратом. В процессе жизнедеятельности через кишечник сапрофагов пропускается большое количество почвы, часто смешанной с растительными остатками. Кроме того, дождевые черви и энхитреиды имеют тонкие легко проницаемые для токсикантов покровы. Как было показано нами в процессе экспериментального лабораторного исследования, загрязнение почвы тяжелыми металлами приводит как к снижению скорости роста животных, так и к увеличению их смертности. В целом, на экосистемном уровне, это приводит к снижению биомассы трофической группы.

Выводы

Выявленные тенденции в изменении трофической структуры сообщества имеют последствия на экосистемном уровне в аспекте изменения функционирования почвенного блока. Прежде всего, это ослабление зоогенного фактора в процессах разложения и трансформации органического вещества в почве при нарастании токсического влияния. Уменьшение доли сапрофагов и увеличение доли фитофагов и хищников характерно для более экстремальных местообитаний, чем центральная пойма. Например, хищники и фитофаги играют ведущую роль в трофической структуре комплексов почвенной мезофауны пойменно-лесных почв прирусловой поймы и дерново-боровых почв на арене. Необходимо отметить корреляцию между снижением доли сапрофагов в трофической структуре и преобладанием процессов минерализации над процессами гумификации. Эти процессы протекают в почве при активном участии микрофлоры. Поэтому очень важно рассмотрение изменений трофической структуры почвенной мезофауны во взаимосвязи с изменениями биологической активности почв.

Список литературы

1. *Chapin F.S.* Biotic control over the functioning of ecosystems / III F.S. Chapin, III, B.H. Walker, R.J. Hobbs, D.U. Hooper et al. // *Science*. – 1997. – Vol. 277. – P. 500-504.
2. *Simberloff D.* The guild concept and the structure of ecological communities / D. Simberloff, T. Dayan // *Annual Review of Ecology and Systematics*. – 1991. – Vol. 22. – P. 115-143.
3. *Tilman D.* Functional diversity / *Encyclopedia of biodiversity*. – San Diego, California, USA: Academic Press, 2001. – P. 109-120.

4. *Hooper D.U.* The role of complementarity and competition in ecosystem responses to variation in plant diversity // *Ecology*. – 1998. – Vol. 79. – P. 704-719.
5. *Tilman D.* Plant diversity and ecosystem productivity: theoretical considerations / D. Tilman, C. Lehman, K. Thompson // *Proceedings of the National Academy of Sciences (USA)*. – 1997. – Vol. 94. – P. 1857-1861.
6. *Walker B.* Plant attribute diversity, resilience, and ecosystem function: the nature and significance of dominant and minor species / B. Walker, A. Kinzig, J. Langridge // *Ecosystems*. – 1999. – Vol. 2. – P. 95-113.

Кунах О.М. Трофічні групи ґрунтової мезофауни центральної заплави р. Самара. – У роботі показано, що зміни трофічної структури угруповання ґрунтових тварин мають наслідки на екосистемному рівні в аспекті змін функціонування ґрунтового блоку. Необхідно відмітити кореляцію між зниженням частки сапрофагів у трофічній структурі та переважанням процесів мінералізації над процесами гуміфікації. Тому важливо розглянути зміни трофічної структури ґрунтової мезофауни у взаємозв'язку зі змінами біологічної активності ґрунтів.

Ключові слова: ґрунтова фауна, трофічні групи, функціональне розмаїття.

Kunach O.N. The soil macrofauna trophic groups of the central part of the Samara river flood land. – The changes on the soil animals community trophic structure have been shown in the work to affect on ecosystem level in the aspect of soil block functioning changes. The correlation between the saprophags part decreasing in the trophic structure and mineralisation processes dominating over the gumification processes has to be noted. So the study of the soil macrofauna trophic structure changes in the relation with the soil biological activity changes is very important.

Key words: soil fauna, trophic groups, functional diversity.

А.А. Марченковская

ВЛИЯНИЕ ГИДРОТЕХНИЧЕСКИХ СООРУЖЕНИЙ НА БИОХИМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ НАЗЕМНЫХ ВИДОВ АМФИБИЙ ПРИДНЕПРОВСКОГО РЕГИОНА

*НИИ биологии Днепропетровского национального университета;
49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13; e-mail: murchik1966@mail.ru*

Марченковская А.А. Влияние гидротехнических сооружений на биохимические параметры наземных видов амфибий Приднепровского региона. – Исследование биохимических показателей наземных видов амфибий обыкновенной чесночницы и зеленой жабы из биотопов канала Днепр-Донбасс позволило оценить некоторые показатели метаболизма животных – содержание липидов, белка и углеводов в органах и тканях, а также дать сравнительный анализ их уровня у изучаемых видов. Полученные данные позволяют дать прогноз состояния популяций изучаемых видов земноводных в условиях изменения ландшафта.

Ключевые слова: амфибии, гидротехнические сооружения, биохимические параметры органов и тканей.

Введение

Как указывают различные авторы [7, 8, 12], гидромелиорация, особенно в условиях степей, с одной стороны, является одним из ведущих факторов повышения продуктивности сельскохозяйственных угодий и крайне необходима для существования промышленных центров Харьковской и Донецкой областей, в которых имеется недостаток воды, а с другой, приводят к изменению ландшафта и созданию совершенно другой среды для обитания земноводных, к которым относятся и амфибии. Кроме того, химический состав воды канала Днепр-Донбасс несколько отличается от естественного, существующего в р. Орель и прилегающих малых водоемах на данной территории.

Все указанные изменения природной среды, происходящие под антропогенным влиянием, приводят к изменению экологического состояния биогеоценозов, в которых обитают земноводные. Одним из наиболее адекватных показателей, как состояния отдельных особей, так и в целом их популяций, являются биохимические характеристики различных органов и тканей, наиболее адекватно отражающие уровень метаболизма организма животных.

Следует отметить, что исследования различных авторов [1, 7, 8], проведенные с целью определения влияния на животных биотических, абиотических и антропогенных факторов, к которым следует отнести и влияние на зооценоз гидротехнических сооружений показали необходимость оценки содержания в организме животных белков, липидов и углеводов, которые являются показателями уровня метаболизма и отражают его различные стороны [5, 9].

Между тем биохимические параметры органов и тканей амфибий, как обитающих на территории Украины, так и за ее пределами в естественных условиях, а также в биогеоценозах, находящихся под влиянием различных антропо-техногенных факторов, изучены недостаточно.

В то же время содержание белка, липидов и углеводов у животных зависит от особенностей поведения, возраста, характера и способа питания, времени нагула, температурных условий. Кроме того, для некоторых групп и видов животных установлено, что параллельно с затратами жира происходит увеличение содержания воды и белка. С весны до осени количество белка постоянно возрастает, а зимой несколько снижается [3].

При заболеваниях у животных также отмечается согласованное уменьшение количества воды и белка [4].

На содержание в органах и тканях всех вышеуказанных параметров влияют также воздействия различных антропо-техногенных факторов, поскольку они вызывают уменьшение или увеличение расходования, как запасных энергетических веществ, так и структурных составляющих клеток органов и тканей организма животных. Все это приводит к изменению уровня энергетического и пластического обмена и в целом, всего метаболизма живых организмов [3, 9].

В связи со всем указанным выше целью данных исследований была оценка влияния созданного гидротехнического сооружения – канала Днепр-Донбасс на биохимические параметры органов и тканей двух видов бесхвостых амфибий, ведущих наземный образ жизни. Исследуемые параметры отражают уровень метаболизма животных для определения состояния их популяций в данных условиях обитания.

Материалы и методика исследований

Исследования наземных видов земноводных – обыкновенной чесночницы (*Pelobates fuscus*) и зеленой жабы (*Bufo viridis*) [6] проводились в биотопах канала Днепр–Донбасс в течение 1986–2004 гг.

Амфибии отбирались для анализа методом маршрутного учета и отлова с подсветкой фонарем [2].

У исследуемых животных проводился общебиологический анализ. Определялись размеры и масса тела, а также возраст амфибий [10, 11]. Для биохимического анализа отбирались органы и ткани амфибий, которые фиксировались в смеси хлороформ-метанол 2 : 1. Определение липидов производилось по методике L. Folcha [14], а белка по стандартной методике [9, 14] с помощью спектрофотометра "Specord M-40" фирмы Карл Цейс Иена (Германия). Статистическая обработка полученного материала осуществлялась на ПК Celeron 430 по стандартным программам.

Результаты и обсуждение

Как известно, липиды являются обязательной составной частью многих клеточных структур животных организмов. Основной их функцией является энергетическая [13]. По Колабухову: "Основа процесса адаптации животных к меняющимся на протяжении годового цикла условиям обитания заключается в поддержании энергетического баланса".

Анализ содержания липидов у наземного вида амфибий обыкновенной чесночницы, ведущей роющий образ жизни, показывает, что по степени снижения уровня содержания липидов органы и ткани животных можно расположить в следующем порядке: жировые тела, печень, гонады, сердце, почки, кишечник, желудок, кожа, мышечная ткань. После желтых жировых тел, которые являются самыми важными для запаса энергетических веществ, необходимыми для развития половых продуктов у всех видов амфибий, наиболее высоко содержание липидов в печени и гонадах, что свидетельствует о хорошем уровне метаболизма организма животных и стабильности их популяций.

Органы и ткани второго из исследуемых видов наземных амфибий по уровню уменьшения в них липидов можно расположить в следующем порядке: жировые тела, кожа, легкие, селезенка, сердце, мышцы, печень, желудок, почки, кишечник, гонады (табл. 1).

Как видно из представленных данных содержание липидов в органах и тканях зеленой жабы ниже, чем у обыкновенной чесночницы, что возможно связано с большей активностью этого вида амфибий, а, следовательно, и большими энергетическими затратами их организма. Кроме того, у обоих видов существуют различия в содержании липидов в органах и тканях. Необходимо выделить высокое содержание липидов в коже зеленой жабы по сравнению с их уровнем содержания в коже обыкновенной чесночницы. Это, очевидно, связано, с одной стороны, с тем, что они входят в состав яда, выделяемого кожными железами – паратидами, а, с другой стороны, имеет значение тот факт, что этот вид обитает в более засушливых условиях, что предохраняет организм от лишнего испарения влаги и делает кожу более эластичной.

Содержание белка в органах и тканях бесхвостых амфибий изучено недостаточно. В литературе практически отсутствуют данные по содержанию белка в органах и тканях наземных видов амфибий. Особенно это касается как отдельных особей, так и популяций животных, обитающих в трансформированных биотопах и агроценозах. Сравнительная оценка показателей содержания белка в органах и тканях обыкновенной чесночницы и

зеленой жабы показала, что уровень содержания белка в органах и тканях жабы немного выше, что также объясняется меньшим содержанием в ее организме липидов (см. табл. 1).

Таблица 1

Характеристика некоторых биохимических показателей наземных видов амфибий из биотопов канала Днепр-Донбасс (% м. м.)

Органы и ткани	Виды амфибий			
	Обыкновенная чесночница		Зеленая жаба	
	липиды	белок	липиды	белок
Мышцы	1,51±0,05	2,82±0,11	3,81±0,09	3,50±0,06
Кожа	2,60±0,05	0,35±0,12	12,77±1,12	2,12±0,34
Печень	9,66±0,72	12,06±1,11	3,80±0,15	6,03±0,21
Гонады	9,24±0,84	9,63±0,76	2,33±0,06	14,17±1,12
Легкие	4,26±0,12	1,61±0,03	5,72±0,06	6,68±0,26
Почки	6,90±0,35	4,07±0,24	3,10±0,18	9,12±1,14
Сердце	7,62±0,15	1,41±0,11	4,55±0,15	5,68±0,31
Желудок	3,28±0,06	1,07±0,03	3,14±0,05	3,01±0,03
Кишечник	4,60±0,23	15,44±2,12	2,38±0,12	2,52±0,14
Селезенка	Нет	Нет	5,02±0,18	12,44±1,13
Жировые тела	70,65±1,54	6,75±0,04	64,58±1,29	0,92±0,03

В то же время органы и ткани обыкновенной чесночницы по степени снижения в них уровня содержания белка можно расположить в следующем порядке: кишечник, печень, гонады, почки, мышцы, легкие, сердце, желудок, кожа, жировые тела. При этом следует отметить высокий уровень белка у животных этого вида в кишечнике, печени и гонадах, что также подчеркивает хорошее состояние особей и высокий репродуктивный потенциал их популяций.

Содержание белка в органах и тканях зеленой жабы выше, чем те же показатели у обыкновенной чесночницы, а ее органы и ткани по степени снижения уровня содержания белка можно расположить следующим образом: гонады, селезенка, почки, легкие, печень, сердце, мышцы, желудок, кишечник, кожа, желтые жировые тела.

Полученные материалы также свидетельствуют о хорошем состоянии популяции зеленой жабы из исследуемых биотопов, некоторые различия показывают необходимость в более или менее интенсивном функционировании органа или ткани животных, разницу во времени созревания гонад, что отражается в снижении белка в печени животных и уровень питания амфибий, что выражается в изменении количества белка в кишечнике и желудке.

Выводы

Таким образом, проведенные исследования биохимических параметров органов и тканей двух видов наземных амфибий из биотопов, прилегающих к каналу Днепр-Донбасс, дают возможность сделать следующие выводы:

1. У наземных видов амфибий, ведущих разный образ жизни, существуют различия в содержании в органах и тканях основных параметров метаболизма. Уровень содержания липидов выше в органах и тканях обыкновенной чесночницы. Уровень белка выше в органах и тканях зеленой жабы.

2. У обоих видов амфибий установлены высокие показатели липидов и белка в органах, связанных с процессом репродукции (печень, желтые жировые тела), а также выполняющих в организме защитные функции – кожа и селезенка зеленой жабы.

В целом, следует считать исследуемые популяции земноводных стабильными и способными к развитию и увеличению численности особей при благоприятных климатических условиях и отсутствии развития воздействия антропогенных факторов

(внесение в природную среду пестицидов, ядохимикатов, загрязнение ее, особенно водной среды в период размножения тяжелыми металлами и другими поллютантами).

Список литературы

1. *Гаранин В.И.* Земноводные и пресмыкающиеся Волжско-Камского края. – М.: Наука, 1983. – 175 с.
2. *Гаранин В.И., Панченко И.М.* Методы изучения амфибий и рептилий в заповедниках // Амфибии и рептилии заповедных территорий. – М., 1987. – С. 8-24.
3. *Кизеветту И.В.* Биохимия сырья водного происхождения. – М.: Пищ. пром., 1973. – 423 с.
4. *Маляревская А.Я.* Обмен веществ у рыб в условиях антропогенного автрофирования водоемов. – К.: Наук. думка, 1979. – 220 с.
5. *Мисюра А.Н., Сподарец Д.А., Марченковская А.А.* Оценка механизмов устойчивости отдельных видов земноводных к дестабилизирующим факторам среды их обитания // Актуальные проблемы сохранения устойчивости живых систем. – Белгород, 2004. – С. 132-133.
6. *Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.Н., Щербак Н.Н.* – М.: Просвещение, 1977. – 415 с.
7. *Падутов Е.Е., Геслюк Л.А., Падутов А.Е.* Распределение и численность земноводных на мелиоративных каналах и в окружающих угодьях / Животный мир Белорусского Полесья, охрана и рациональное использование. – Гомель, 1981. – С. 33-34.
8. *Пикулик М.М.* Земноводные Белоруссии. – Минск: Наука и техника, 1985. – 190 с.
9. *Сидоров В.С.* Экологическая биохимия рыб. Липиды. – Л.: Наука, 1983. – 240 с.
10. *Смирин Э.М.* Особенности структуры костной ткани амфибий и рептилий и проблема определения их возраста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1976. – 24 с.
11. *Смирин Э.М.* Годовые слои в костях травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоол. журн. – 1972.– Т. 51, вып. 10. – С. 1529-1534.
12. *Шевченко А.К., Грицай М.К., Прудкина Н.С.* Прогноз изменения мест выплода кровососущих двукрылых в зоне влияния канал Днепр-Донбасс и его резервных водохранилищ // Природные и трудовые ресурсы Левобережной Украины и их использование. Т. 13. Почвы, биология и охрана природы. – Недра, 1972. – С. 132-137.
13. *Шульман Г.Е.* Физиолого-биохимические особенности годовых циклов рыб. – М.: Изд-во пищ. пром., 1972. – 337 с.
14. *Folch I., Ascoll I., Lees M.* Preparation of lipide extracts from brain tissues // J. Voil. Chem. – 1951. – V. 191. – P. 833-841.

Марченковська О.О. Вплив гідротехнічних споруд на біохімічні параметри наземних видів амфібій Придніпровського регіону. – Дослідження біохімічних показників наземних видів амфібій звичайної часничниці та зеленої жаби з біотопів каналу Дніпро – Донбас дозволило оцінити деякі показники метаболізму тварин – зміст ліпідів, білка та вуглеводів в органах і тканинах, а також дати порівняльний аналіз їх рівня у видів, що вивчаються. Отримані дані дозволяють дати прогноз стану популяцій видів земноводних, що досліджуються, в умовах зміни ландшафту.

Ключові слова: амфібії, гідротехнічні споруди, біохімічні параметри органів і тканин.

Marchenkovskaya A.A. Influence hydrotechnical building on the biochemical parameters of the ground types of amphibians of the Pridneprovsk region. – The research of biochemical indexes of the ground types of amphibians of *Pelobates fuscus* and *Bufo viridis* from biotop of the channel Dnepr – Donbass allowed to estimate some indexes of metabolism of animals – maintenance of lipids, albumen and carbohydrates in organs and fabrics and also to give the comparative analysis of their level at the studied kinds. Finding data allow to give a prognosis of state of populations of the studied kinds amphibious in the conditions of change of landscape.

Key words: amphibians, hydrotechnical building, biochemical parameters.

А.Н. Мисюра
ВЛИЯНИЕ ОТХОДОВ ПРЕДПРИЯТИЙ ГОРНОДОБЫВАЮЩЕЙ
ПРОМЫШЛЕННОСТИ НА УРОВЕНЬ СОДЕРЖАНИЯ МИКРОЭЛЕМЕНТОВ
В ОРГАНАХ И ТКАНЯХ АМФИБИЙ ИЗ РАЗЛИЧНЫХ ПО СТЕПЕНИ
ЗАГРЯЗНЕНИЯ ВОДОЕМОВ

*НИИ биологии Днепропетровского национального университета;
49050, г. Днепропетровск, ул. Научная, 13, корп. 17*

Мисюра А.Н. Влияние отходов предприятий горнодобывающей промышленности на уровень содержания микроэлементов в органах и тканях амфибий из различных по степени загрязнения водоемов. – Исследования показали высокий уровень накопления биогенных (Fe, Mn, Cu, Zn) и токсичных (Ni, Pb, Cd) микроэлементов в органах и тканях озерной лягушки. Он более высокий у животных из действующего хвостохранилища и снижается у амфибий из неэксплуатируемых водоемов. Полученные данные позволили выделить органы, которые следует рекомендовать в качестве биоиндикаторов в системе биомониторинга природной среды.

Ключевые слова: отходы предприятий уранодобывающей промышленности, амфибии, микроэлементы.

Введение

Днепропетровская область является одной из наиболее развитых в промышленном отношении областей Украины. Одно из ведущих приоритетных мест в промышленности занимает горнодобывающая промышленность. В области ведется добыча угля, железной, марганцевой и урановой руд.

В отходах всех видов предприятий горнодобывающей промышленности присутствуют микроэлементы, которые при постоянном воздействии в избыточных количествах на живые организмы приводят к нарушению не только параметров минерального обмена, но и всего метаболизма организма в целом [3, 6].

Воздействуя на зооценоз, указанные токсиканты оказывают отрицательное влияние на одну из его составляющих – группу земноводных, которые в течение своей жизни тесно связаны со средой обитания – водой.

Одним из видов земноводных, который несмотря на изменение среды обитания, оказался наиболее резистентным к влиянию токсикантов сточных вод неорганического происхождения (тяжелых металлов), является озерная лягушка, особи которой в той или иной степени адаптировались к этому воздействию [2, 3].

В связи с этим данный вид животных может быть использован в качестве биоиндикатора загрязнения, как популяций данного вида амфибий, так и зооценоза в целом в системе биомониторинга природной среды техногенных регионов. Исследование накопления микроэлементов, их распределения в органах и тканях и оценка путей поступления и выведения их в организме амфибий было целью данных исследований.

Материал и методика исследований

Исследования влияния отходов предприятий по добыче и переработке урановой руды на показатели накопления микроэлементов в органах и тканях фонового вида бесхвостых амфибий степного Приднепровья – озерной лягушки [4, 8] проводились в различных по степени загрязнения естественных водоемах и хвостохранилищах предприятий г. Желтые Воды в период 2002-2005 гг.

Для анализа отбирались одновозрастные особи амфибий методом отлова на маршруте вдоль берега водоема с подсветкой фонарем [5].

У отловленных особей производился общебиологический анализ. Возраст земноводных определялся по стандартной методике [9, 10].

Для анализа содержания микроэлементов отбирались органы и ткани амфибий – мышцы, кожа, печень, гонады, кости, сердце, легкие, почки, желудок, кишечник, желтые жировые тела, селезенка.

Анализ микроэлементов производился методом атомно-абсорбционного анализа на атомно-абсорбционном спектрофотометре ААС-30 фирмы Карл Цейс Йена (Германия) по стандартным методикам [7, 12].

Расчет содержания микроэлементов производился по формуле:

$$C = C_1 \times V / P,$$

где С – содержание микроэлементов в пробе в мг/кг сухой массы (с. м.);

C_1 – показание содержания микроэлементов в растворе;

V – объем раствора в мл;

P – масса навески пробы органа или ткани в граммах.

Математическая обработка собранного материала производилась на ПК Celeron 430 по стандартным программам.

Результаты и обсуждение

Исследование фонового вида амфибий Приднепровского региона – озерной лягушки производилось на животных из 4-х водоемов: р. Желтая, водоем городского парка г. Желтые Воды, неэксплуатируемое хвостохранилище "Т" шахты Ольховская и хвостохранилище "Р" шахты Новая.

Содержание микроэлементов в воде исследуемых водоемов представлено в таблице 1.

Анализ полученных материалов показал, что по уровню увеличения содержания микроэлементов в органах и тканях амфибий из исследуемых водоемов можно расположить в следующем порядке: р. Желтая, водоем городского парка, хвостохранилище "Т" шахты Ольховская, хвостохранилище "Р" шахты Новая. При этом, как показывают полученные материалы, в наибольшей степени в органах и тканях животных накапливается железо. В то же время амфибии из биотопов р. Желтая характеризуются высоким уровнем как биогенных, так и токсичных элементов, что, очевидно, связано с расположением на расстоянии 1,0-1,5 км выше уровня реки карьера по добыче бурого железняка и шахты по добыче урановой руды "Новая", что и влияет на геохимическое состояние среды обитания животных.

Исходя из данных, представленных в таблице 2, все органы и ткани животных по степени снижения в них микроэлементов можно расположить в следующем порядке:

железо: селезенка, жировые тела, желудок, мышцы, легкие, кости, печень, кожа, сердце, кишечник, почки;

марганец: жировые тела, селезенка, кости, легкие, сердце, почки, мышцы, гонады, кожа, желудок, печень, кишечник;

медь: селезенка, легкие, почки, печень, гонады, кожа, мышцы, кости, сердце, желудок, кишечник, жировые тела;

цинк: гонады, кожа, легкие, селезенка, жировые тела, кости, почки, желудок, сердце, печень, мышцы, кишечник;

никель: селезенка, жировые тела, легкие, сердце, гонады, почки, желудок, кожа, мышцы, кости, кишечник, печень;

свинец: селезенка, жировые тела, легкие, сердце, гонады, почки, желудок, кожа, мышцы, кости, кишечник, печень;

кадмий: селезенка, гонады, легкие, сердце, почки, жировые тела, кости, желудок, кожа, кишечник, печень, мышцы.

Прослеживается закономерность, заключающаяся в том, что все микроэлементы, кроме марганца и цинка, в наибольшей степени накапливаются в селезенке, что, очевидно, связано с ее функцией детоксикации у амфибий [11]. Накопление всех остальных исследуемых микроэлементов, по-видимому, связано с выполняемой ими в органах и тканях функцией. Это в определенной степени позволяет установить пути их поступления и выведения из организма.

Таблица 1

Характеристика содержания микроэлементов в органах и тканях озерной лягушки из биотопов хвостохранилища ш. "Новая" г. Желтые Воды

Микро-эл-ты	Показа-тели	Органы и ткани										
		Кожа	Мышцы	Кости	Печень	Легкие	Сердце	Почки	Желудок	Кишка	Гонады	Жир. тела
Fe	x ± m	3696,54	5922,70	16350,15	7505,08	2673,00	11025,66	16829,17	9707,10	7900,58	3036,22	3987,47
		285,30	628,17	1254,81	356,17	495,17	725,61	1092,37	921,34	825,16	721,61	742,31
Mn	x ± m	79,80	10,05	92,17	178,75	1187,87	1190,80	1464,16	116,97	69,78	1314,69	41,64
		21,12	3,81	3,81	21,34	202,16	352,61	283,16	12,64	9,17	282,64	7,28
Cu	x ± m	40,70	14,69	67,36	862,10	558,70	1397,50	1277,50	68,48	52,87	884,43	43,40
		8,39	3,15	3,15	52,31	74,61	322,34	316,71	9,82	8,69	18,21	5,79
Zn	x ± m	792,29	158,60	273,40	2358,90	7771,73	10297,50	74863,75	536,40	605,60	10789,64	234,68
		39,47	15,93	15,93	72,17	1092,34	929,61	6723,18	82,35	69,44	831,49	17,52
Ni	x ± m	627,54	71,99	100,36	607,50	1898,51	4328,30	7050,80	257,64	149,80	2481,35	77,35
		81,56	7,98	7,98	23,17	561,34	762,81	935,29	31,65	15,14	482,16	9,65
Pb	x ± m	174,77	35,05	98,80	596,98	1467,54	1845,83	2398,30	464,60	68,40	2025,23	66,64
		31,16	12,05	12,05	22,53	182,16	396,81	401,35	41,17	5,27	220,41	9,34
Cd	x ± m	88,83	16,57	108,80	445,27	1635,97	2353,30	2904,58	127,20	94,70	1308,05	66,08
		9,45	3,26	3,26	39,40	321,89	600,39	528,34	15,62	10,23	21,35	9,98

Таблица 2

Характеристика содержания микроэлементов в органах и тканях озерной лягушки из биотопов хвостохранилища ш. "Ольховская" г. Желтые Воды, в мг/кг с. м.

Микро-эл-ты	Показа-тели	Органы и ткани										
		Кожа	Мышцы	Кости	Печень	Легкие	Сердце	Почки	Желудок	Кишка	Гонады	Жир. тела
Fe	x ± m	1368	2992,10	9559,12	4634,62	6067,56	9459,13	11869,69	3687,48	2451,2	60133,1	8824,37
		558,36	1373,63	3734,87	2039,6	1967	3690,79	2362,56	760,01	989,03	5292,32	2147,5
Mn	x ± m	43,34	555,36	54,68	71,87	122,06	94,93	324,71	57,28	43,79	85,55	49,43
		19,57	54,53	24,38	29,42	31,96	33,96	110,89	15,08	20,35	31,86	20,48
Cu	x ± m	19,08	12,2	113,68	106,38	182,23	434,03	123,58	23,04	19,95	208,04	65
		569	4,19	54,54	38,54	58,84	78,32	30,11	5,29	4,79	108,16	20,08
Zn	x ± m	123,63	126,77	557,55	184,63	2231,16	1985,9	697,3	273,15	252,85	1574,79	342,2
		37,13	50,29	253,25	78,35	764,176	509,27	142,65	55,62	90,50	520,73	166,1
Ni	x ± m	32,49	19,73	71,93	26,69	306,24	323,32	81,23	27,35	37,86	86,93	58,53
		14,76	10,16	19,03	4,86	135,4	122,58	30,08	5,07	19,26	35,20	20,13
Pb	x ± m	44,09	28,34	152,19	117,69	322,89	274,33	315,48	48,81	67,24	212,11	56,73
		7,92	6,09	67,19	33,4	84,54	78,75	96,4	7,56	18,09	80,42	15,57
Cd	x ± m	30,66	19,71	138,51	54,21	136,47	142,61	262,15	72,72	25,86	21,03	79,07
		13,18	6,69	75,9	24,03	72,47	29,98	107,73	36,78	7,83	2,97	40,34

Как видно (см. табл. 2), железо поступает из объектов питания через желудок. В то время как биогенные элементы марганец, медь, цинк, никель и токсиканты свинец и кадмий в процессе дыхания через легкие. В то же время выведение железа происходит, в основном, через кишечник, а остальных элементов, в первую очередь, через почки.

Исследование содержания микроэлементов в органах и тканях амфибий из водоема городского парка показало (табл. 3), что содержание их значительно ниже, чем у животных из р. Желтая, а количество каждого из них находится примерно на одном уровне, незначительно изменяясь в большую или меньшую сторону в зависимости от их кратковременного поступления в организм из объектов питания или в процессе дыхания из атмосферного воздуха.

При этом также отмечается, что в наибольшей степени все биогенные микроэлементы, кроме марганца, накапливаются в селезенке. Поступление в организм происходит у железа через легкие и желудок, а выведение через кишечник, в то время как поступление марганца происходит через желудок, меди, цинка, никеля, свинца и кадмия через легкие, а выведение всех указанных элементов происходит через почки.

Таблица 3

**Характеристика содержания микроэлементов в органах и тканях озерной лягушки
из водоемов городского парка (г. Желтые Воды), в мг/кг с. м.**

МЭ	Органы и ткани											
	Кожа	Мышцы	Кости	Печень	Легкие	Сердце	Почки	Желудок	Кишка	Гонады	Селезенка	Жир. тела
Fe	1321,45 ±100,34	1357,51 ±98,70	3012,41 ±265,91	1542,17 ± 90,82	3865,47 ±30,16	949,81 ±123,74	210,86 ±44,16	2142,51 ±182,71	623,18 ±93,14	1840,75 ±105,17	12480,92 ±498,72	6345,50 ±450,75
Mn	12,49 ± 0,84	70,56 ±4,57	92,86 ±6,97	49,80 ±5,12	40,62 ±2,49	60,80 ±5,34	100,55 ± 6,49	54,26 ±6,92	32,16 ±3,21	140,44 ±3,71	182,74 ±9,67	498,34 ±21,26
Cu	60,57 ±2,17	49,17 ±1,25	34,72 ±5,16	40,45 ±3,27	104,98 ±8,33	39,84 ±4,75	62,17 ±7,19	40,21 ±5,97	34,82 ±2,47	62,17 ±3,15	168,94 ±15,17	28,41 ±4,17
Zn	152,71 ±3,69	49,62 ±3,18	124,82 ± 7,98	75,61 ±9,63	432,56 ±12,84	71,80 ±8,17	112,42 ± 5,61	124,72 ±7,12	38,51 ±2,49	827,49 ±10,44	327,54 ±19,34	326,50 ±5,98
Ni	26,72 ±4,72	29,84 ±2,71	48,54 ±4,65	42,76 ±2,14	125,64 ±9,67	62,76 ±3,92	183,72 ±12,84	321,96 ±18,34	118,34 ±5,28	164,72 ±5,68	398,67 ±21,98	49,72 ±3,21
Pb	27,92 ±1,14	39,86 ±4,12	50,12 ±6,84	12,66 ±0,41	57,49 ±5,82	35,27 ±3,23	49,34 ±10,17	38,42 ±3,86	14,72 ±2,17	72,17 ±3,26	112,42 ±6,15	81,34 ±7,14
Cd	5,31 ±0,43	2,81 ±0,31	16,14 ±1,27	12,72 ±0,27	25,98 ±4,98	14,27 ±4,18	19,74 ±5,63	10,55 ±5,17	3,92 ±0,29	20,84 ±1,97	48,97 ±3,27	26,98 ±3,33

Содержание микроэлементов в органах и тканях амфибий из неэксплуатируемого хвостохранилища "Т" шахты "Ольховская" значительно выше, по сравнению с животными из двух указанных выше водоемов.

Как и у амфибий из этих водоемов содержание железа наиболее высоко у животных из хвостохранилища "Т". Выше у них и содержание всех остальных элементов. При этом у этих животных установлено высокое содержание в мышечной ткани и почках марганца, а также меди в сердце и гонадах, цинка в легких и сердце, никеля в сердце, легких. Уровень токсичных элементов: свинца увеличен в легких и почках, а кадмия в почках, сердце и легких.

Как видно из данных табл. 4 все исследуемые элементы поступают через легкие в процессе дыхания, а выведение происходит через почки. Большим уровнем содержания всех исследуемых элементов характеризуется кожа амфибий, через которую они поступают в процессе дыхания, а также желудок, что указывает на их поступление в организм из объектов питания.

Таблица 4

**Характеристика содержания микроэлементов в водоемах с разной степенью
загрязнения, в мг/л**

Водоемы	Микроэлементы						
	Fe	Mn	Cu	Zn	Ni	Pb	Cd
Р. Желтая	58,29±5,18	1,82±1,24	1,92±0,17	12,55±1,84	8,25±1,18	16,84±2,46	2,10±0,32
Городской парк	46,17±3,98	2,14±0,86	1,15±0,19	6,21±0,44	4,15±0,83	10,71±2,12	1,46±0,84
Хвосто- охранилище "Т" шахты "Ольховская"	65,92±6,18	5,61±0,75	2,05±0,34	32,17±4,82	8,45±1,16	21,00±2,32	2,84±0,59
Хвосто- охранилище "Р" шахты "Новая"	59,01±6,71	7,71±0,84	9,54±0,72	15,77±2,41	10,43±1,12	30,51±3,12	8,52±0,97
Днепровско- Орельский заповедник	6,1±0,21	0,89±0,15	0,13±0,08	0,48±0,09	0,24±0,07	0,03±0,01	0,02±0,00

Исследования амфибий из наиболее неблагополучного в экологическом отношении активно действующего хвостохранилища "Р" шахты "Новая" и ВостГОКа позволили установить (см. табл. 4) у животных более высокие показатели содержания микроэлементов во всех органах тканях, по сравнению с ранее указанными, при этом наиболее высокое содержание железа отмечается в почках и костной ткани, где оно находится на уровне 16289,17 и 16350,15 мг/кг с. м. соответственно.

Остальные органы и ткани по степени снижения в них железа можно расположить в следующем порядке: сердце, желудок, кишечник, печень, мышцы, жировые тела, кожа, гонады, легкие. Исходя из этих данных, можно считать, что поступление железа происходит через желудок – из объектов питания и частично через кожу, а выведение через почки и в 1,2 раза в меньшей степени через кишечник.

Содержание марганца наиболее высоко в почках и гонадах, меди в сердце и почках, цинка в почках и гонадах, никеля в почках и сердце, свинца в почках и гонадах, а кадмия в почках и сердце. Эти данные также свидетельствуют о выведении большинства элементов из организма амфибий через почки. Поступление железа в организм животных происходит из объектов питания и в меньшей степени через кожу, в то время как поступление других элементов в организм животных происходит как и у амфибий из водоема городского парка и р. Желтая происходит, в основном, через легкие.

Следует допустить, что это в некоторой степени связано с бедной кормовой базой из различных представителей энтомофауны в этих биотопах.

Высокий уровень марганца установлен в гонадах, что, как известно из литературных данных [1, 2], необходим для развития и созревания половых продуктов. Содержание меди в организме озерной лягушки наиболее высоко в сердце, куда она поступает с током крови. Значительное количество этого элемента накапливается в печени.

Содержание еще одного биогенного элемента цинка особенно высоко в почках и сердце животных.

Значительное его количество накапливается в коже и желудке, что показывает пути его поступления в организм, а также в гонадах, что связано с необходимостью в нем для созревания половых продуктов.

Никель у исследуемых амфибий в сравнительно невысоком количестве содержится в почках, сердце и легких, что также показывает пути его поступления в организм и выведения из него.

Содержание токсичного элемента свинца в органах и тканях озерной лягушки находится на высоком уровне, хотя и не достигает показателей, установленных для биогенных элементов. Особенно негативным является его высокое содержание в гонадах (2025,23 мг/кг с. м.), а также накопление в печени.

Накопление кадмия, еще более токсичного, чем свинец, характеризуется теми же особенностями, что и у первого. Для кадмия характерным является его высокий уровень накопления в почках, сердце и легких, где его содержание выше, чем свинца. Отмечается также значительное накопление кадмия в гонадах.

Проведенные исследования показали значительное накопление всех исследуемых как биогенных, так и токсичных элементов в органах и тканях амфибий из хвостохранилищ шахтных вод и ВостГОКа.

Таким образом, полученные данные раскрывают различные стороны миграции микроэлементов в организм амфибий из окружающей среды, пути поступления и выведения, а также распределения их по органам и тканям. Материалы исследований позволили выявить индикаторные органы, в которых в наибольшей степени накапливается каждый из элементов и выявить зависимость степени накопления микроэлементов в органах и тканях животных в зависимости от степени загрязнения водоема отходами предприятий уранодобывающей промышленности.

Выводы

1. Добыча и переработка урановой руды приводит к изменению биогеохимической обстановки в местах обитания земноводных и значительному увеличению в воде водоемов содержания как биогенных, так и токсичных микроэлементов и сохранению в них только одного вида бесхвостых амфибий – озерной лягушки, обладающей высокой степенью резистентности к токсикантам.

2. Накопление микроэлементов в органах и тканях амфибий зависит от уровня их содержания в воде водоема и увеличивается от показателей у животных из естественных водоемов р. Желтая, водоема Городского парка до максимальных показателей у амфибий из хвостохранилища отходов предприятий по добыче и переработке урановой руды.

3. Наиболее высокими показателями уровня накопления всех исследуемых элементов, в основном, характеризуется селезенка, а в некоторых водоемах легкие и сердце.

4. Установлено высокое содержание токсичных элементов свинца и кадмия в гонадах животных, что отрицательно скажется на их развитии и в целом на численности потомства.

5. Таким образом, данные проведенных исследований позволили установить некоторые закономерности накопления микроэлементов в органах и тканях амфибий, обитающих в водоемах с различным уровнем микроэлементов, что также связано с их функциями в организме и степенью резистентности животных к токсикантам неорганического происхождения, какими являются для живых организмов даже биогенные микроэлементы в избыточных количествах.

Список литературы

1. *Авцын А.П., Жаворонков А.А., Ринс М.А., Строекова Л.С.* Микроэлементозы человека. – М.: Медицина, 1996. – 491 с.
2. *Гаранин В.И., Панченко И.М.* Методы изучения амфибий и рептилий в заповедниках // Амфибии и рептилии заповедных территорий. – М., 1987. – С. 8-24.
3. *Зигель Х., Зигель А.* Некоторые вопросы токсичности ионов металлов. – М.: Мир, 1993. – 368 с.
4. *Мисюра А.Н.* Экология фоновых видов амфибий центрального степного Приднепровья в условиях промышленного загрязнения водоемов: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: ИЭМЭЖ АН СССР, 1989. – 16 с.
5. *Місюра А.М.* Земноводні Придніпров'я в умовах техногенного впливу (1989-1999 рр.) // Вісник Дніпропетровського університету. Сер. Біологія. Екологія. – 2000. – Вип. 7. – С. 114-122.
6. *Москалев Ю.И.* Минеральный обмен. – М.: Медицина, 1985. – 288 с.
7. *Морозов Н.П., Петухов С.А.* Определение содержания микроэлементов группы тяжелых и переходных металлов в рыбах // Типовые методики исследования продуктивности видов рыб в пределах их ареалов. – Вильнюс, 1978. – Ч. 3. – С. 53-63.
8. *Определитель земноводных и пресмыкающихся фауны СССР / Банников А.Г., Даревский И.С., Ищенко В.Г., Рустамов А.Н., Щербак Н.Н.* – М.: Просвещение, 1977. – 415 с.
9. *Смирин Э.М.* Годовые слои в костях травяной лягушки (*Rana temporaria*) // Зоол. журн. – 1972. – Т. 51, вып. 10. – С. 1529-1534.
10. *Смирин Э.М.* Особенности структуры костной ткани амфибий и рептилий и проблема определения их возраста: Автореф. дис. ... канд. биол. наук. – М.: МГУ, 1976. – 24 с.
11. *Терентьев П.В.* Лягушка. – М.: Советская наука, 1950. – 298 с.
12. *Хавезов И., Цалев Д.* Атомно-абсорбционный анализ // Химия, 1983. – 144 с.

Місюра А.М. Вплив відходів підприємств гірничодобувної промисловості на рівень змісту мікроелементів в органах і тканинах амфібій з різних за ступенем забруднення водоймищ. – Дослідження показали високий рівень накопичення біогенних (Fe, Mn, Cu, Zn) і токсичних (Ni, Pb, Cd) мікроелементів в органах та тканинах озерної жаби. Він більш високий у тварин з діючого хвостосховища і знижується у амфібій з неексплуатованих водоймищ. Отримані дані дозволили виділити органи, які слід рекомендувати як біоіндикатори в системі біомоніторингу природного середовища.

Ключові слова: відходи підприємств уранодобувної промисловості, амфібії, мікроелементи.

Misyura A.N. Influence wastes of enterprises of mining industry on the level of maintenance of microelements in organs and fabrics of amphibians from the reservoirs different on the degree of contamination.

– The researches have showed a high level of accumulation of biogenic (Fe, Mn, Cu, Zn) and toxic (Ni, Pb, Cd) microelements in the organs of fabrics lake frog. It most highly at animals from operating mine and goes down at amphibians from the exploited reservoirs. Finding data allowed to select the organs, which it follows to recommend as bioindicators in the system of biomonitoring of natural environment.

Key words: wastes of enterprises of mining industry, amphibians, microelements.

Е.В. Прокопенко**ФАУНА И ЭКОЛОГИЯ ПАУКОВ (ARANEI) ВЕЛИКОАНАДОЛЬСКОГО ЛЕСА***Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46**e-mail: procop@dongu.donetsk.ua*

Прокопенко Е.В. Фауна и экология пауков (Aranei) Великоанадольского леса. – В результате проведенных исследований было установлено, что аранеофауна Великоанадольского леса на настоящий момент насчитывает не менее 104 видов, относящихся к 20 семействам. Основу фауны составляют мезофильные, политопные и ксеро-мезофильные виды. В отношении типично лесных видов фауна пауков исследованного искусственного лесного массива значительно обеднена. Наибольшим сходством с видовым составом пауков Великоанадольского леса характеризуются аранеофауны байрачных лесов и лесополос региона.

Ключевые слова: фауна пауков, искусственный лесной массив, Великоанадольский лес.

Введение

Еще в середине XVIII века в составе коренной растительности Донецкого края важную роль играли леса, составлявшие около 46% всей площади [5]. Однако под влиянием деятельности человека за последние столетия площади, занимаемые естественными фитоценозами, существенно сократились и в настоящий момент естественные леса сохранились, главным образом, в наиболее возвышенной части края и занимают 4-6% его территории [18]. Резкое сокращение лесистости вызвало необходимость проведения мероприятий по их охране и создания искусственных лесонасаждений. В результате общая лесистость Донецкого края возросла до 10-12% [4]. Хорошо известно положительное средообразующее воздействие правильно насаженных лесных культур на окружающую среду. Исходные черноземные почвы обогащаются гумусом, улучшают структуру и становятся лесоулучшенными черноземами [2; 15]. Кроме того, создание в условиях открытой степи лесных массивов, густой сети полезастных полос, противоэрозионных насаждений по балкам и оврагам ведет к возникновению новых комплексов растительных и животных организмов [1]. С другой стороны, как было показано в многочисленных исследованиях [9, 10, 15, 16], энтомофауна древесных насаждений в степной зоне, сравнительно с соседней лесостепной, более или менее сильно обеднена. В результате постепенного заселения энтомофауна искусственных насаждений приобретает сходство с фауной естественных насаждений, но никогда не бывает тождественна последней, отличаясь от нее большей или меньшей дефектностью, в особенности в травяном ярусе и в герпетобии. Отмечено также, что в типичных условиях степи источниками заселения искусственных насаждений являются байрачные леса, кустарники открытых степных пространств, боры, субори, рощи надлуговых речных террас и пойменные леса [9, 10, 15, 16].

Материал и методы

В данной работе изложены результаты изучения аранеофауны искусственных широколиственных насаждений на примере Великоанадольского леса в сравнении с естественными лесными биотопами региона – байрачными и пойменными лесами, а также лесными массивами некоторых сопредельных областей. В сравнительном анализе использовались массивы данных из следующих ценозов: нагорные дубравы Харьковской обл. (Волчанский и Змиевский р-ны) – данные Н.Ю. Полчаниновой; байрачные леса Харьковской обл. (Великобурлуцкий р-н) – данные Н.Ю. Полчаниновой; лесополосы Харьковской обл. (Великобурлуцкий р-н) – по работе В.А. Кириленко и М.В. Леготай [8], данным Н.Ю. Полчаниновой; пойменные леса Донецкой обл. (Краснолиманский, Славянский, Артемовский р-ны) – собственные данные; пойменные леса Луганской обл. (отделение Луганского природного заповедника "Придонцовская пойма", Станично-Луганский р-н) – собственные данные, работы: С.Л. Есюнина и Л.Д. Пенева с соавторами [6, 7, 11]; пойменные и байрачные леса Днепропетровской обл. (Новомосковский р-н) – данные Н.Ю. Полчаниновой; байрачные леса Донецкой обл. (гг. Ясиноватая, Донецк) и лесополосы Донецкой обл. (Володарский, Ясиноватский р-ны) – собственные данные. Исследования в

Великоанадольском лесу проводились автором и студентом кафедры зоологии Галкиным Ю.А. в полевые сезоны 1996-2005 гг. с применением почвенных ловушек (общая экспозиция – около 900 ловушко-суток), кошения энтомологическим сачком, ручного сбора. Автор выражает искреннюю признательность Н.Ю. Полчаниновой за возможность использовать результаты ее исследований.

Великоанадольский лесной массив (Волновахский р-н Донецкой обл.) был создан в 1843 г. и имеет площадь 2727 га (в том числе древесными насаждениями занято 2002 га). Он протянулся широкой полосой с северо-запада на юго-восток между с. Благодатным и г. Волновахой [14]. Это типичная слабоволнистая приподнятая степная равнина зоны северо-восточного Приазовья (средняя высота над уровнем моря – 213-276 м). До 1843 г. здесь была целинная типчаково-ковыльная степь с господством *Bromopsis riparia* и видов рода *Stipa* L. В настоящий момент за балкой Кашлагач, по днищу которой распространен *Salix fragilis* L., тянется густой лес, составленный *Quercus robur*, *Fraxinus excelsior*, *Acer campestre*, *A. tataricum* с густым подлеском из различных кустарников [14].

Существует единственная работа, посвященная паукам Великоанадольского леса [3]. Данные о видовом составе также рассеяны в диссертационных работах Н.Ю. Полчаниновой [12] и автора [13].

Результаты и обсуждение

Аранеофауна Великоанадольского леса на настоящий момент насчитывает не менее 104 видов, относящихся к 20 семействам (табл. 1). Видовая и родовая принадлежность одного вида (*Entelecara* ? sp.) не выяснена. Отметим, что число видов пауков данного искусственного лесного массива в целом сравнимо с естественными лесами региона – пойменными (от 118 видов в Донецкой области до 117 – в Луганской) и байрачными (127 видов в дубравах гг. Донецка и Ясиноватой) (рис. 1). Основу фауны составляют мезофильные (41 вид, 39,4% аранеофауны), политопные (27 видов, 26,0%) и ксеро-мезофильные (16 видов, 15,4%) виды (см. табл. 1, рис. 1). Типично лесных видов немного – всего 4 (3,9% аранеофауны). В ряду "Великоанадольский лес – байрачные дубравы – пойменные леса региона" происходит снижение доли эври- и политопных видов и повышение доли лесных и мезофильных видов (рис. 2). Ксеро-мезофильных видов больше всего в байрачных дубравах, что обусловлено как их незначительной площадью, так и проникновением под полог пауков с соседних остепненных участков. Минимальное число видов этой экологической группы отмечено в пойменных лесах региона. Наоборот, число видов гигрофильных и гигро-мезофильных пауков увеличивается в пойменных лесах и Великоанадоле и сокращается – в байрачных лесах.

Рассматривая соотношение видового богатства основных семейств пауков различных древесных массивов, отметим, что основу фаун составляет семейство Linyphiidae – от 43,9% видов в нагорных дубравах Харьковской области до 15,4% в лесополосах Донецкой области (только в байрачном лесу Харьковской области доля линифий снижается до 9,0%) (рис. 3, табл. 2). Большинство видов Linyphiidae – мезо- и гигрофильные виды, характерные для лесных ценозов, могут служить косвенным индикатором крупных старых лесов. В Великоанадоле видовое богатство линифий ниже, чем в пойменных и байрачных лесах региона, но выше, чем в небольших искусственных посадках – лесополосах (не только в регионе, но и в Харьковской и Днепропетровской областях). Сложно сказать, с чем связано повышение в Великоанадоле видового богатства семейств тенетников Theridiidae и кругопрядов Araneidae (см. табл. 2). Вызывает удивление также резкое снижение доли ксерофильных наземных охотников Gnaphosidae, даже более существенное, чем в мезофитных пойменных лесах.

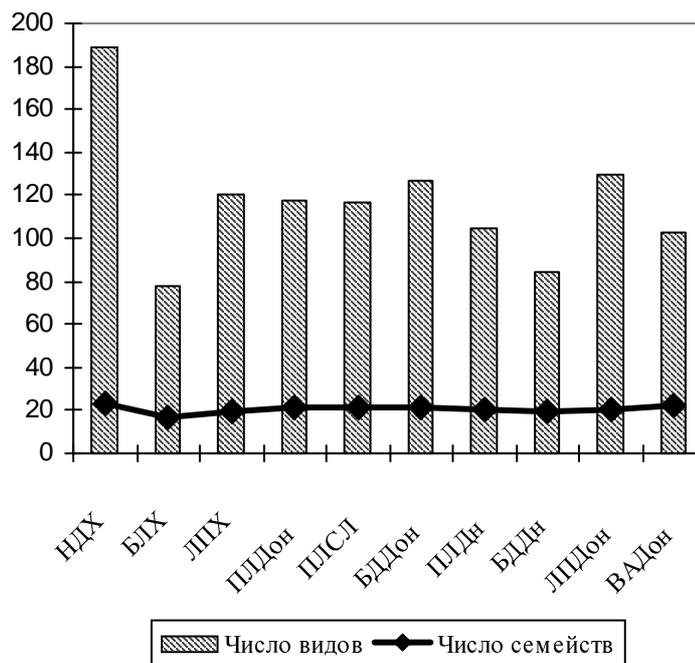


Рис. 1. Таксономическое богатство аранеофауны древесных насаждений различного типа:

НДХ – нагорные дубравы Харьковской обл., БЛХ – байрачные леса Харьковской обл., ЛПХ – лесополосы Харьковской обл., ПЛДон – пойменные леса Донецкой обл., ПЛСЛ – пойменные леса Луганской обл., ПЛДн – пойменные леса Днепропетровской обл., БЛДон – байрачные леса Донецкой обл., БЛДн – байрачные леса Днепропетровской обл., ЛПДон – лесополосы Донецкой обл., ВАДон – Великоанадольский лес (Донецкая обл.)

Таблица 1

Видовой состав и экологические характеристики пауков Великоанадольского леса

Вид, семейство	Экологические преферендумы в регионе
I. Dysderidae	
1. <i>Harpactea rubicunda</i> (C. L. Koch, 1838)	мезофил, герпетобионт
II. Theridiidae	
2. <i>Achaearana lunata</i> (Clerck, 1757)	мезофил, дендробионт
3. <i>Achaearana simulans</i> (Thorell, 1875)	мезофил, дендробионт
4. <i>Crustulina guttata</i> (Wider, 1834)	мезофил, герпетобионт
5. <i>Enoplognatha ovata</i> (Clerck, 1757)	политоп, хортобионт
6. <i>Enoplognatha thoracica</i> (Hahn, 1833)	мезофил, герпетобионт
7. <i>Keijia tincta</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, герпетобионт
8. <i>Robertus arundineti</i> (O. P.-Cambridge, 1871)	мезофил, герпетобионт
9. <i>Robertus lividus</i> (Blackvall, 1836)	мезофил, герпетобионт
10. <i>Theridion impressum</i> L. Koch, 1881	ксеро-мезофил, хортобионт
11. <i>Theridion melanurum</i> Hahn, 1831	мезофил, герпетобионт
12. <i>Theridion pinastri</i> L. Koch, 1872	мезофил, дендро- хортобионт
13. <i>Theridion varians</i> Hahn., 1833	мезофил, герпетобионт
III. Linyphiidae	
14. <i>Centromerus sylvaticus</i> (Blackwall, 1841)	мезофил, герпетобионт
15. <i>Ceratinella brevis</i> (Wider, 1834)	мезофил, герпетобионт
16. <i>Dicymbium nigrum</i> (Blackwall, 1834)	мезофил, герпетобионт
17. <i>Diplocephalus picinus</i> (Blackwall, 1841)	мезофил, герпетобионт
18. <i>Drapetisca socialis</i> (Sundewall, 1833)	лесной дендробионт
19. <i>Entelecara acuminata</i> (Wider, 1834)	мезофил, герпетобионт
20. <i>Entelecara</i> ? sp.	?

Вид, семейство	Экологические преферендумы в регионе
21. <i>Erigone dentipalpis</i> (Wider, 1834)	фото-гигрофил, герпетобионт
22. <i>Floronia bucculenta</i> (Clerck, 1757)	мезофил, герпетобионт
23. <i>Gnathonarium dentatum</i> (Wider, 1834)	гигро-мезофил, герпетобионт
24. <i>Linyphia triangularis</i> (Clerck, 1757)	мезофил, хортобионт
25. <i>Maso sundevalli</i> (Westring, 1851)	мезофил, герпетобионт
26. <i>Meioneta rurestris</i> (C. L. Koch, 1836)	эвритоп
27. <i>Microlinyphia pusilla</i> (Sundevall, 1830)	политоп, герпетобионт
28. <i>Microneta viaria</i> (Blackwall, 1841)	мезофил, герпетобионт
29. <i>Nerienne clathrata</i> (Sundevall, 1830)	мезофил, хорто-герпетобионт
30. <i>Oedothorax apicatus</i> (Blackwall, 1850)	эвритоп
31. <i>Silometopus reussi</i> (Thorell, 1871)	ксеро-мезофил, герпетобионт
32. <i>Stemonyphantes lineatus</i> (Linnaeus, 1758)	ксеро-мезофил, хорто-герпетобионт
33. <i>Tenuiphantes flavipes</i> (Blackwall, 1854)	мезофил, герпетобионт
34. <i>Thyreosthenius parasiticus</i> (Westring, 1851)	мезофил, герпетобионт
35. <i>Trichoncoides piscator</i> (Simon, 1884)	ксеро-мезофил, герпетобионт
36. <i>Walckenaeria alticeps</i> (Denis, 1952)	мезофил, герпетобионт
37. <i>Walckenaeria vigilax</i> (Blackwall, 1853)	мезофил, герпетобионт
IV. Tetragnathidae	
38. <i>Metellina segmentata</i> (Clerck, 1757)	мезофил, хорто-дендробионт
39. <i>Pachygnatha degeeri</i> Sundevall, 1830	мезофил, герпетобионт
40. <i>Tetragnatha extensa</i> (Linnaeus, 1758)	гигро-мезофил, хортобионт
41. <i>Tetragnatha montana</i> Simon, 1874	гигро-мезофил, хортобионт
42. <i>Tetragnatha nigrita</i> Lendl, 1886	гигро-мезофил, хортобионт
43. <i>Tetragnatha obtusa</i> C. L. Koch, 1837	гигро-мезофил, хортобионт
V. Araneidae	
44. <i>Agalenatea redii</i> (Scopoli, 1763)	ксеро-мезофил, хортобионт
45. <i>Araneus diadematus</i> Clerck, 1757	политопный хорто-дендробионт
46. <i>Araneus quadratus</i> Clerck, 1757	политоп хорто-дендробионт
47. <i>Araniella cucurbitina</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
48. <i>Argiope bruennichi</i> (Scopoli, 1772)	политоп хортобионт
49. <i>Cyclosa conica</i> (Pallas, 1772)	ксеро-мезофил, хорто-дендробионт
50. <i>Gibbaranea bituberculata</i> (Walckenaer, 1802)	ксеро-мезофил, хортобионт
51. <i>Larinioides suspicax</i> (O.P.-Cambrige, 1876)	политоп хортобионт
52. <i>Mangora acalypha</i> (Walckenaer, 1802)	политоп хортобионт
53. <i>Neoscona adianta</i> (Walckenaer, 1802)	ксеро-мезофил, хортобионт
54. <i>Singa nitidula</i> C. L. Koch, 1844	ксеро-мезофил, хортобионт
55. <i>Zilla diodia</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, хортобионт
VI. Lycosidae	
56. <i>Alopecosa pulverulenta</i> (Clerck, 1757)	политоп герпетобионт
57. <i>Pardosa agrestis</i> (Westring, 1861)	эврибионтный герпетобионт
58. <i>Pardosa lugubris</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, герпетобионт
59. <i>Pardosa prativaga</i> (L. Koch, 1870)	мезофил, герпетобионт
60. <i>Pirata hygrophilus</i> Thorell, 1872	гигро-мезофил, герпетобионт
61. <i>Pirata piraticus</i> (Clerck, 1757)	гигро-мезофил, герпетобионт
62. <i>Trochosa ruricola</i> (De Geer, 1778)	политоп герпетобионт
63. <i>Trochosa terricola</i> Thorell, 1856	политоп герпетобионт
VII. Pisauridae	
64. <i>Dolomedes plantarius</i> (Clerck, 1757)	амфибионт
65. <i>Pisaura mirabilis</i> (Clerck, 1757)	мезофил, герпетобионт
VIII. Agelenidae	
66. <i>Agelena labyrinthica</i> (Clerck, 1757)	политоп хорто-герпетобионт
IX. Hahniidae	
67. <i>Hahnia ononidum</i> Simon, 1875	мезофил, герпетобионт
X. Dictynidae	
68. <i>Dictyna arundinacea</i> (Linnaeus, 1758)	политоп хортобионт
69. <i>Dictyna latens</i> (Fabricus, 1775)	ксеро-мезофил, хортобионт

Вид, семейство	Экологические предпочтения в регионе
70. <i>Dictyna uncinata</i> Thorell, 1856	политоп герпетобионт
71. <i>Emblyna annulipes</i> (Blackwall, 1846)	лесной хортобионт?
72. <i>Nigma flavescens</i> (Walckenaer, 1830)	лесной хортобионт ?
XI. Titanoecidae	
73. <i>Titanoeca schineri</i> L. Koch, 1872	политоп герпетобионт
XII. Anyphaenidae	
74. <i>Anyphaena accentuata</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, дендробионт
XIII. Liocranidae	
75. <i>Agroeca cuprea</i> Menge, 1873	ксеро-мезофил, герпетобионт
XIV. Clubionidae	
76. <i>Clubiona lutescens</i> Westring, 1851	гигро-мезофил, хортобионт
77. <i>Clubiona marmorata</i> L. Koch, 1866	лесной хортобионт
78. <i>Clubiona neglecta</i> O. P.-Cambridge, 1862	политоп хортобионт
XV. Miturgidae	
79. <i>Cheiracanthium elegans</i> Thorell, 1875	мезофил, хортобионт
80. <i>Cheiracanthium pennyi</i> O. P.-Cambridge, 1873	мезофил, хортобионт
XVI. Gnaphosidae	
81. <i>Haplodrassus signifer</i> (C. L. Koch, 1839)	ксеро-мезофил, герпетобионт
82. <i>Zelotes kukushkini</i> Kovblyuk, 2006	мезофил, герпетобионт
XVII. Sparassidae	
83. <i>Micrommata virescens</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
XVIII. Philodromidae	
84. <i>Philodromus aureolus</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
85. <i>Philodromus cespitum</i> (Walckenaer, 1802)	политоп хортобионт
86. <i>Philodromus dispar</i> Walckenaer, 1826	мезофил, хортобионт
87. <i>Thanatus formicinus</i> (Clerck, 1757)	мезофил, герпетобионт
88. <i>Tibellus oblongus</i> (Walckenaer, 1802)	политоп хортобионт
XIX. Thomisidae	
89. <i>Misumena vatia</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
90. <i>Misumenops tricuspidatus</i> (Fabricius, 1775)	политоп хортобионт
91. <i>Ozyptila praticola</i> (C. L. Koch, 1837)	мезофил, герпетобионт
92. <i>Ozyptila scabricula</i> (Westring, 1851)	ксеро-мезофил, герпетобионт
93. <i>Thomisus onustus</i> Walckenaer, 1805	ксеро-мезофил, хортобионт
94. <i>Tmarus piger</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, хортобионт
95. <i>Xysticus cristatus</i> (Clerck, 1757)	эвритоп хорто-герпетобионт
96. <i>Xysticus kochi</i> Thorell, 1872	эвритоп хорто-герпетобионт
97. <i>Xysticus striatipes</i> L. Koch, 1870	ксеро-мезофил, хорто-герпетобионт
XX. Salticidae	
98. <i>Ballus chalybeius</i> (Walckenaer, 1802)	мезофил, герпетобионт
99. <i>Evarcha arcuata</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
100. <i>Evarcha falcata</i> (Clerck, 1757)	политоп хортобионт
101. <i>Heliophanus auratus</i> C. L. Koch, 1835	политоп хортобионт
102. <i>Heliophanus cupreus</i> (Walckenaer, 1802)	политоп хортобионт
103. <i>Heliophanus flavipes</i> (Hahn, 1832)	политопный хортобионт
104. <i>Pseudeuophrys obsoleta</i> (Simon, 1868)	ксеро-мезофил, хорто-герпетобионт

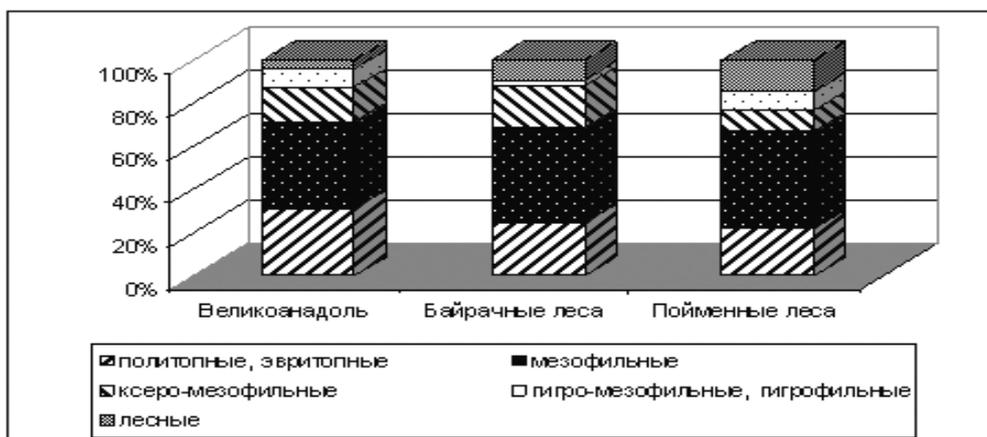


Рис. 2. Соотношение видового богатства пауков различных экологических групп

Таблица 2

Число видов и доля (%) семейств пауков древесных насаждений разного типа
(максимальные значения выделены)

Семейства	НДХ	ПЛСЛ	ПЛДон	ПЛДн	БДХ	БДДон	БДДн	ЛПХ	ВАДон	ЛПДон
Salticidae	9 (4,8)	9 (7,7)	14 (11,9)	12 (11,4)	3 (3,9)	12 (9,5)	10 (11,9)	5 (4,2)	7 (6,8)	14 (10,8)
Thomisidae	13 (6,9)	12 (10,3)	8 (6,8)	9 (8,6)	10 (12,8)	11 (8,7)	9 (10,7)	13 (10,8)	9 (8,7)	12 (9,2)
Gnaphosidae	5 (2,7)	4 (3,4)	9 (7,6)	7 (6,7)	11 (14,1)	11 (8,7)	4 (4,8)	9 (7,5)	2 (1,9)	12 (9,2)
Theridiidae	17 (9,0)	12 (10,3)	7 (5,9)	8 (7,6)	5 (6,4)	10 (7,9)	7 (8,3)	13 (10,8)	12 (11,7)	13 (10,0)
Linyphiidae	83 (43,9)	37 (31,6)	30 (25,4)	24 (22,9)	7 (9,0)	35 (27,6)	18 (21,4)	22 (18,3)	24 (23,3)	20 (15,4)
Araneidae	11 (5,8)	10 (8,6)	9 (7,6)	11 (10,5)	8 (10,3)	7 (5,5)	13 (15,5)	13 (10,8)	12 (11,7)	15 (11,5)
Lycosidae	9 (4,8)	5 (4,3)	10 (8,5)	7 (6,7)	16 (20,5)	11 (8,7)	6 (7,1)	19 (15,8)	8 (7,8)	10 (7,7)
Остальные	42 (22,2)	28 (23,9)	31 (26,3)	27 (25,7)	18 (23,1)	30 (23,6)	17 (20,2)	26 (21,7)	24 (28,2)	34 (26,2)

Примечание. Обозначения как в рис. 1

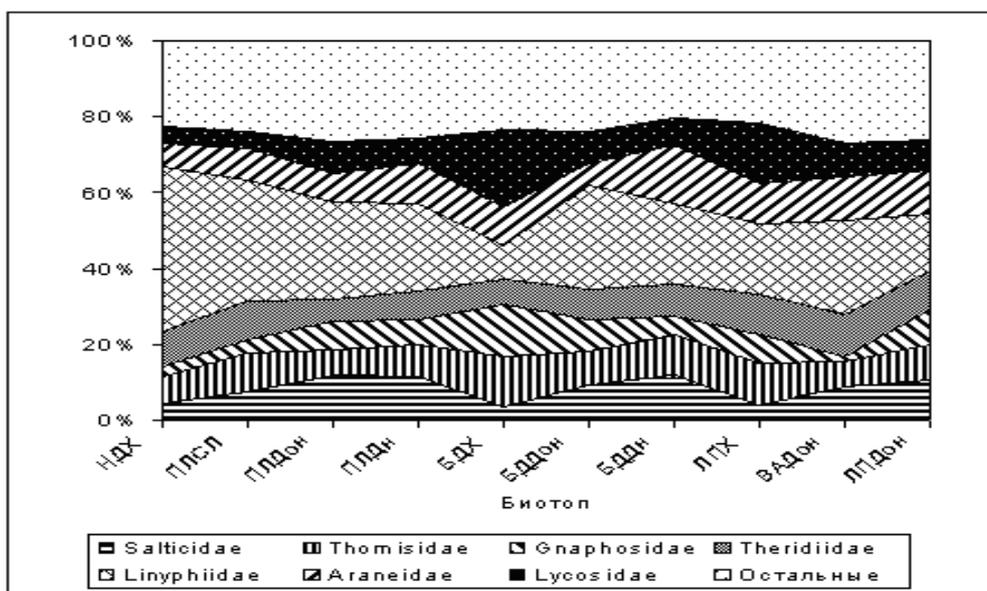


Рис. 3. Соотношение видового богатства основных семейств пауков древесных насаждений различного типа (обозначения биотопов как в рис. 1)

В целом, наибольшим сходством видового состава пауков с аранеофауной Великоанадольского леса характеризуются байрачные леса и лесополосы региона, а также соседней Днепропетровской области (рис. 4).

Пойменные леса региона, также как и древесные массивы Лесостепи (Харьковская обл.) существенно отличаются по видовому составу пауков. Это, возможно, свидетельствует как об источниках заселения искусственного леса (вселение видов по сети лесополос из байрачных лесов), так и о значительных отличиях микроклиматических условий крупных старых пойменных лесов и искусственного лесного массива на плакоре.

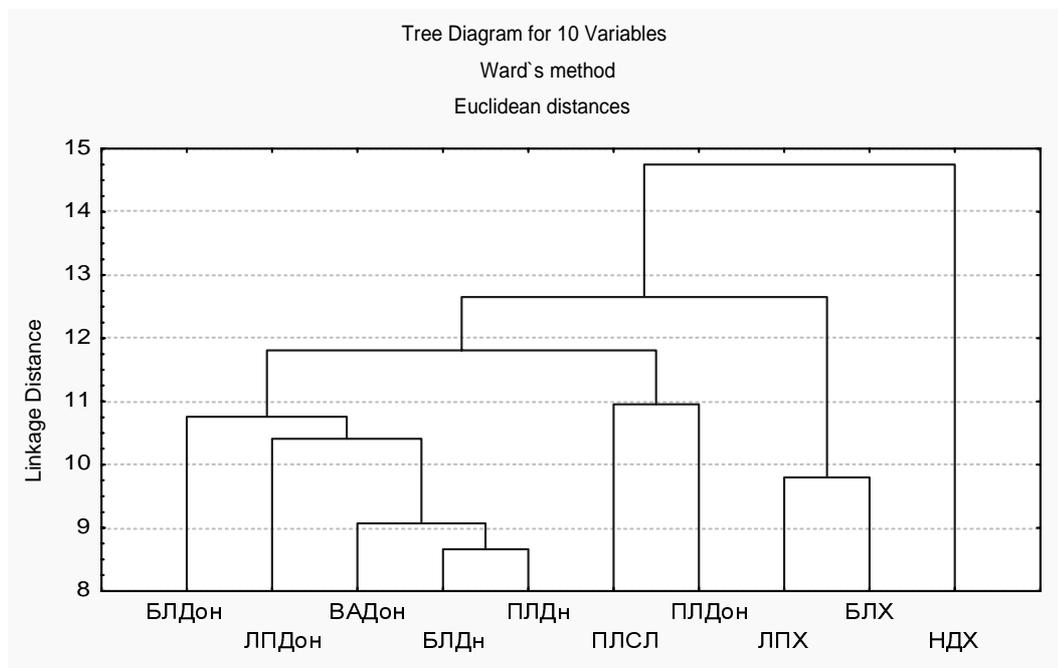


Рис. 4. Дендрограмма сходства видового состава пауков исследованных древесных насаждений (обозначения как в рис 1.)

В дальнейшем обсуждении структуры и динамики населения пауков Великоанадольского леса хортобий и герпетобий будут проанализированы отдельно.

В герпетобии под пологом леса отмечено 34 вида пауков (табл. 3). Эудоминантами выступают: охотники *Trochosa terricola*, *Pardosa lugubris* и тенетник *Diplocephalus picinus* – мезофильные виды, обычные в лесных биотопах региона. Доминант – охотник *Harpactea rubicunda* – политопный вид, часто регистрируемый в техногенных ценозах – породных отвалах, территориях промышленных предприятий. Группа субдоминантов представлена мезофильными (*Ozyptila praticola*, *Hahnia ononidum*, *Tenuiphantes flavipes*, *Dicymbium nigrum*, *Ceratinella brevis*, *Centromerus sylvaticus*, *Crustulina guttata*) и гигрофильными (*Pirata hygrophilus*, *Pachygnatha degeeri*, *Gnathonarium dentatum*) видами. На бегеу водоема (найдено 13 видов) спектр эудоминантов изменяется незначительно, в него входят засадник *Ozyptila praticola* и охотники *Trochosa terricola*, *Pardosa lugubris*. Среди субдоминантов – гигрофильные и мезофильные виды – *Pardosa prativaga* и *Trochosa ruricola*. Отметим, что в более стабильном по микроклиматическим условиям биотопе, под пологом леса, сумма общего доминирования (доля видов с относительной численностью больше 10%) почти вдвое ниже, чем на берегу водоема – 42,5 и 84,5% соответственно. На что реагируют индексы разнообразия, связанные с этими параметрами – коэффициенты Шеннона и Пиелу (см. табл. 3).

Таблица 3

Видовой состав и численность (%) пауков в герпетобии Великоанадольского леса

Вид, семейство	Под пологом			Берег водоема
	За год	Лето	Осень	Лето
1. <i>Harpactea rubicunda</i>	9 (8,0)	9 (10,2)	-	1 (1,1)
Dysderidae	9 (8,0)	9 (10,2)	-	1 (1,1)
2. <i>Crustulina guttata</i>	4 (3,4)	3 (3,4)	1 (4,0)	-
3. <i>Enoplognatha thoracica</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
4. <i>Robertus arundineti</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
5. <i>Robertus lividus</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
6. <i>Theridion varians</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
Theridiidae	8 (7,0)	7 (7,8)	1 (4,0)	-
7. <i>Centromerus sylvaticus</i>	3 (2,6)	-	3 (12,0)	-
8. <i>Ceratinella brevis</i>	3 (2,6)	2 (2,3)	1 (4,0)	1 (1,1)
9. <i>Dicymbium nigrum</i>	4 (3,4)	4 (4,6)	-	-
10. <i>Diplocephalus picinus</i>	12 (10,6)	10 (11,4)	2 (8,0)	-
11. <i>Entelecara acuminata</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
12. <i>Entelecara ? sp.</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
13. <i>Erigone dentipalpis</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
14. <i>Floronia bucculenta</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
15. <i>Gnathonarium dentatum</i>	4 (3,4)	-	4 (16,0)	-
16. <i>Maso sundevalli</i>	2 (1,8)	1 (1,1)	1 (4,0)	-
17. <i>Meioneta rurestris</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
18. <i>Microneta viaria</i>	1 (0,9)	-	1 (4,0)	-
19. <i>Neriene clathrata</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
20. <i>Stemonyphantes lineatus</i>	1 (0,9)	-	1 (4,0)	-
21. <i>Tenuiphantes flavipes</i>	3 (2,6)	3 (3,4)	-	1 (1,1)
22. <i>Walckenaeria alticeps</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
Linyphiidae	40 (35,1)	27 (30,5)	13 (52,0)	2 (2,2)
23. <i>Pachygnatha degeeri</i>	3 (2,6)	-	3 (12,0)	-
Tetragnathidae	3 (2,6)	-	3 (12,0)	-
24. <i>Alopecosa pulverulenta</i>	-	-	-	1 (1,1)
25. <i>Pardosa agrestis</i>	-	-	-	1 (1,1)
26. <i>Pardosa lugubris</i>	12 (10,6)	12 (13,6)	-	25 (27,8)
27. <i>Pardosa prativaga</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	2 (2,2)
28. <i>Pirata hygrophilus</i>	4 (3,4)	-	4 (16,0)	-
29. <i>Trochosa ruricola</i>	-	-	-	4 (4,4)
30. <i>Trochosa terricola</i>	24 (21,3)	22 (25,0)	2 (8,0)	36 (40,0)
Lycosidae	41 (36,2)	35 (39,7)	6 (24,0)	69 (76,6)
31. <i>Hahnia ononidum</i>	3 (2,6)	2 (2,3)	1 (4,0)	1 (1,1)
Hahniidae	3 (2,6)	2 (2,3)	1 (4,0)	1 (1,1)
32. <i>Titanoeca schineri</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
Titanoecidae	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
33. <i>Agroeca cuprea</i>	2 (1,8)	1 (1,1)	1 (4,0)	-
Liocranidae	2 (1,8)	1 (1,1)	1 (4,0)	-
34. <i>Haplodrassus signifer</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
35. <i>Zelotes kukushkini</i>	-	-	-	1 (1,1)
Gnaphosidae	1 (0,9)	1 (1,1)	-	1 (1,1)
36. <i>Ozyptila praticola</i>	4 (3,4)	4 (4,6)	-	15 (16,7)
37. <i>Xysticus kochi</i>	-	-	-	1 (1,1)
Thomisidae	4 (3,4)	4 (4,6)	-	16 (17,8)
38. <i>Ballus chalybeius</i>	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
Salticidae	1 (0,9)	1 (1,1)	-	-
Число видов / экзemplяров	34 / 113	28 / 88	13 / 25	13 / 90
Индекс Шеннона	2,951	2,669	2,401	1,644
Индекс Пиелу	0,837	0,801	0,936	0,641
Индекс Симпсона	12,94	9,667	15,00	3,844
Индекс Маргалефа	6,981	6,030	3,728	2,667
Индекс Менхиника	3,198	2,985	2,600	1,370
Индекс Бергера-Паркера	0,212	0,250	0,160	0,400

Под пологом леса в хортобии отмечено 27 видов, видовой спектр пауков на берегу водоема несколько расширяется – 29 видов (табл. 4). Эудоминантами выступают кругопряды *Metellina segmentata* и *Tetragnatha extensa*, мезо- и гигрофильные виды, обычные в древесных и околоводных биотопах региона, а также на пойменных лугах. В группу доминантов входят тенетник *Enoplognatha ovata*, кругопряд *Araneus diadematus*, охотники *Pisaura mirabilis* и *Philodromus cespitum*. *Araneus diadematus* плетет колесовидные ловчие сети в ветвях деревьев и кустарников и преобладает в древесных насаждениях различных типов, а также на наружных деталях построек. *Enoplognatha ovata* – обитатель травянистой растительности, обычен на опушках и полянах лесов, на лугах. Разнообразна группа субдоминантов – кругопряды *Mangora acalypha* и *Zilla diodia*, тенетники *Theridion pinastri*, *Dictyna arundinacea*, засадники, не строящие ловчих сетей *Misumenops tricuspidatus*, *Tibellus oblongus*. На берегу водоема эудоминантами являются политопные виды: кругопряд *Mangora acalypha* и охотник-сталкер *Heliophanus cupreus*; доминантами – *Tibellus oblongus* и гигрофильный кругопряд *Tetragnatha nigrita*. Спектр субдоминантов довольно широк и включает политопные и мезофильные виды: охотников *Evarcha falcata*, *Cheiracanthium pennyi*, *Pisaura mirabilis*, засадников *Misumena vatia*, *Philodromus cespitum* и *Ph. dispar*, тенетников *Dictyna latens*, *Theridion impressum*, кругопрядов *Araniella cucurbitina*, *Araneus diadematus*, *Tetragnatha extensa*.

Сумма общего доминирования под пологом леса довольно низка: под пологом леса 26,2%, на берегу водоема – 22,1, соответственно, индексы разнообразия имеют высокие значения (см. табл. 4).

Таблица 4

Видовой состав и численность (%) пауков в хортобии Великоанадольского леса

Вид, семейство	Полог леса			Берег водоема		
	За год	Лето	Осень	За год	Лето	Осень
1. <i>Achaearanea lunata</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	-	-	-
2. <i>Enoplognatha ovata</i>	7 (8,3)	7 (9,6)	-	-	-	-
3. <i>Theridion impressum</i>	-	-	-	4 (3,3)	4 (3,6)	-
4. <i>Theridion pinastri</i>	2 (2,4)	2 (2,7)	-	-	-	-
5. <i>Theridion varians</i>	-	-	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
Theridiidae	10 (11,6)	10 (13,7)	-	5 (4,1)	5 (4,5)	-
6. <i>Linyphia triangularis</i>	4 (4,8)	3 (4,1)	1 (7,7)	-	-	-
7. <i>Microlinyphia pusilla</i>	1 (1,2)	-	1 (7,7)	-	-	-
8. <i>Walckenaeria vigilax</i>	1 (1,2)	-	1 (7,7)	-	-	-
Linyphiidae	6 (7,0)	3 (4,1)	3 (23,1)	-	-	-
9. <i>Metellina segmentata</i>	11 (13,1)	6 (8,2)	5 (38,5)	1 (0,8)	-	1 (9,1)
10. <i>Tetragnatha extensa</i>	11 (13,1)	11 (15,7)	-	6 (4,9)	5 (4,5)	1 (9,1)
11. <i>Tetragnatha nigrita</i>	-	-	-	7 (5,7)	7 (6,3)	-
12. <i>Tetragnatha obtusa</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	-	-	-
Tetragnathidae	23 (26,7)	18 (24,7)	5 (38,5)	14 (11,4)	12 (10,8)	2 (18,2)
13. <i>Agalenatea redii</i>	-	-	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
14. <i>Araneus diadematus</i>	7 (8,3)	6 (8,2)	1 (7,7)	3 (2,5)	-	3 (27,3)
15. <i>Araneus quadratus</i>	-	-	-	2 (1,6)	-	2 (18,2)
16. <i>Araniella cucurbitina</i>	-	-	-	4 (3,3)	4 (3,6)	-
17. <i>Argiope bruennichi</i>	-	-	-	2 (1,6)	-	2 (18,2)
18. <i>Cyclosa conica</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
19. <i>Gibbaranea bituberculata</i>	7 (8,3)	7 (9,6)	-	2 (1,6)	2 (1,8)	-
20. <i>Larinioides suspicax</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	-	-	-
21. <i>Mangora acalypha</i>	4 (2,4)	2 (2,7)	2 (15,3)	27 (22,1)	27 (24,3)	-
22. <i>Zilla diodia</i>	3 (3,6)	3 (4,1)	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
Araneidae	23 (26,7)	20 (27,4)	3 (23,0)	43 (35,1)	36 (32,4)	7 (63,7)
23. <i>Pisaura mirabilis</i>	5 (6,0)	5 (6,9)	-	5 (4,1)	5 (4,5)	-
Pisauridae	5 (5,8)	5 (6,9)	-	5 (4,1)	5 (4,5)	-
24. <i>Dictyna arundinacea</i>	2 (2,4)	2 (2,7)	-	-	-	-
25. <i>Dictyna latens</i>	-	-	-	3 (2,5)	3 (2,7)	-
Dictynidae	2 (2,3)	2 (2,7)	-	3 (2,5)	3 (2,7)	-
26. <i>Clubiona neglecta</i>	-	-	-	1 (0,8)	-	1 (9,1)

Вид, семейство	Полог леса			Берег водоема		
	За год	Лето	Осень	За год	Лето	Осень
Clubionidae	-	-	-	1 (0,8)	-	1 (9,1)
27. <i>Cheiracanthium pennyi</i>	-	-	-	3 (2,5)	3 (2,7)	-
Miturgidae	-	-	-	3 (2,5)	3 (2,7)	-
28. <i>Philodromus cespitum</i>	6 (7,1)	5 (6,9)	1 (7,7)	4 (3,3)	3 (2,7)	1 (9,1)
29. <i>Philodromus dispar</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	6 (4,9)	6 (5,4)	-
30. <i>Tibellus oblongus</i>	3 (3,6)	2 (2,7)	1 (7,7)	11 (9,0)	11 (9,9)	-
Philodromidae	10 (11,6)	8 (11,0)	2 (14,1)	21 (17,2)	20 (18,0)	1 (9,1)
31. <i>Misumena vatia</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	5 (4,1)	5 (4,5)	-
32. <i>Misumenops tricuspидatus</i>	3 (3,6)	3 (4,1)	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
33. <i>Thomisus onustus</i>	-	-	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
34. <i>Xysticus cristatus</i>	-	-	-	1 (0,8)	1 (0,9)	-
35. <i>Xysticus kochi</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	-	-	-
36. <i>Xysticus striatipes</i>	-	-	-	2 (1,6)	2 (1,8)	-
Thomisidae	5 (5,8)	5 (6,9)	-	10 (8,1)	10 (9,0)	-
37. <i>Evarcha falcata</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	3 (2,5)	3 (2,7)	-
38. <i>Heliophanus auratus</i>	-	-	-	2 (1,6)	2 (1,8)	-
39. <i>Heliophanus cupreus</i>	1 (1,2)	1 (1,4)	-	12 (9,8)	12 (10,8)	-
Salticidae	2 (2,3)	2 (2,7)	-	17 (13,9)	17 (15,3)	-
Число видов / экзemplяров	27 / 86	25 / 73	8 / 13	29 / 122	24 / 111	7 / 11
Индекс Шеннона	2,894	2,868	1,666	2,893	2,708	1,846
Индекс Пиелу	0,879	0,891	0,856	0,859	0,852	0,949
Индекс Симпсона	16,366	16,633	5,500	12,770	10,805	11,00
Индекс Маргалёфа	5,868	5,594	2,502	5,828	4,885	2,502
Индекс Менхиника	2,946	2,926	2,111	2,626	2,278	2,111
Индекс Бергера-Паркера	0,131	0,151	0,455	0,221	0,243	0,273

Что касается динамики относительной численности основных семейств по биотопам и в сезонном аспекте, то необходимо отметить повышение численности представителей семейства Linyphiidae в хортобии под пологом леса в осенние сроки учетов (на берегу водоема линифии не отмечены) (табл. 4, рис. 5). Осенью возрастает относительная численность и кругопрядов Tetragnathidae (в основном за счет *Metellina segmentata*). Пауки-скакунчики Salticidae предпочитали хорошо освещенные, с богатым травяным ярусом участки около водоема и характеризовались максимальной численностью в летние месяцы. Летним пиком относительной численности отличаются также семейства Pisauridae, Theridiidae, Thomisidae, Dictynidae, Miturgidae.

В герпетобии на берегу водоема преобладают представители семейств Lycosidae и Thomisidae (рис. 6, табл. 3). Linyphiidae, напротив, наиболее многочисленны под пологом леса. Относительная численность этого семейства повышается в осенние сроки учетов. Сходной динамикой характеризуется и семейство Tetragnathidae.

Изменение видового богатства пауков в хортобии (табл. 5, рис. 7) и герпетобии (табл. 6, рис. 8) следует в целом сходной тенденции.

Таблица 5

Соотношение видового богатства семейств пауков в хортобии Великоанадольского леса

Семейство	Полог леса						Берег водоема					
	За год		Лето		Осень		За год		Лето		Осень	
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%
Araneidae	6	24,0	6	20,0	2	25,0	9	31,0	6	25,0	3	42,9
Pisauridae	1	4,0	1	3,3	-	0,0	1	3,5	1	4,2	-	0,0
Philodromidae	3	12,0	3	10,0	2	25,0	3	10,3	3	12,5	1	14,3
Thomisidae	3	12,0	3	10,0	-	0,0	5	17,2	5	20,8	-	0,0
Tetragnathidae	3	12,0	3	10,0	1	12,5	3	10,3	2	8,3	2	28,6
Theridiidae	3	12,0	3	10,0	-	0,0	2	6,9	2	8,3	-	0,0
Salticidae	2	8,0	2	6,7	-	0,0	3	10,3	3	12,5	-	0,0
Linyphiidae	3	12,0	1	3,3	3	37,5	-	0,0	-	0,0	-	0,0
Dictynidae	1	4,0	1	3,3	-	0,0	1	3,5	1	4,2	-	0,0
Clubionidae	-	0,0	6	20,0	-	0,0	1	3,5	-	0,0	1	14,3
Miturgidae	-	0,0	1	3,33	-	0,00	1	3,45	1	4,2	-	0,0

**Соотношение видового богатства семейств пауков в герпетобии
Великоанадольского леса**

Семейство	Полог леса						Берег водоема	
	За год		Лето		Осень		Лето	
	вид	%	вид	%	вид	%	вид	%
Dysderidae	1	3,0	1	3,7	-	0,0	1	7,7
Theridiidae	5	15,2	5	18,5	1	8,3	-	0,0
Linyphiidae	16	48,5	12	44,4	6	50,0	2	15,4
Tetragnathidae	1	3,0	-	0,0	1	8,3	-	0,0
Lycosidae	4	12,1	3	11,1	2	16,7	6	46,2
Hahniidae	1	3,0	1	3,7	1	8,3	1	7,7
Titanoecidae	1	3,0	1	3,7	-	0,0	-	0,0
Liocranidae	1	3,0	1	3,7	1	8,3	-	0,0
Gnaphosidae	1	3,0	1	3,7	-	0,0	1	7,7
Thomisidae	1	3,0	1	3,7	-	0,0	2	15,4
Salticidae	1	3,0	1	3,7	-	0,0	-	0,0

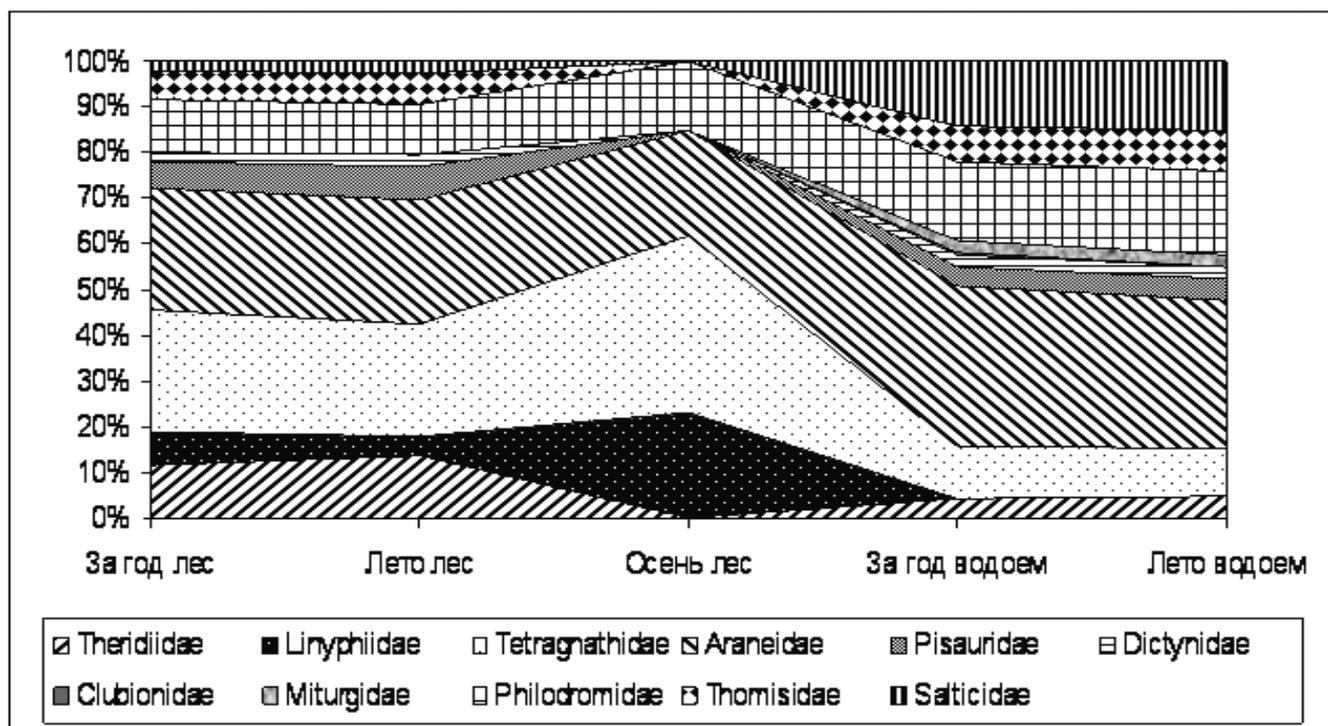


Рис. 5. Соотношение относительной численности семейств пауков хортобия Великоанадольского леса

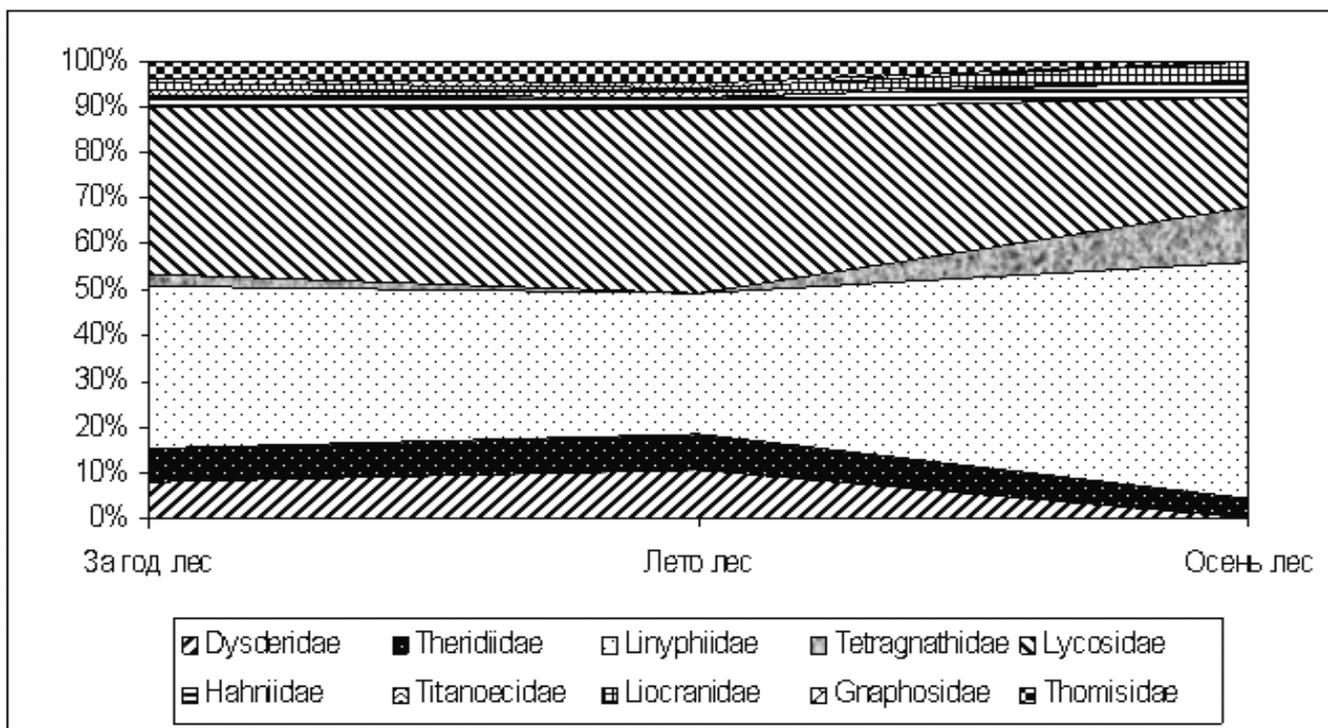


Рис. 6. Соотношение относительной численности семейств пауков герпетобия Великоанадольского леса

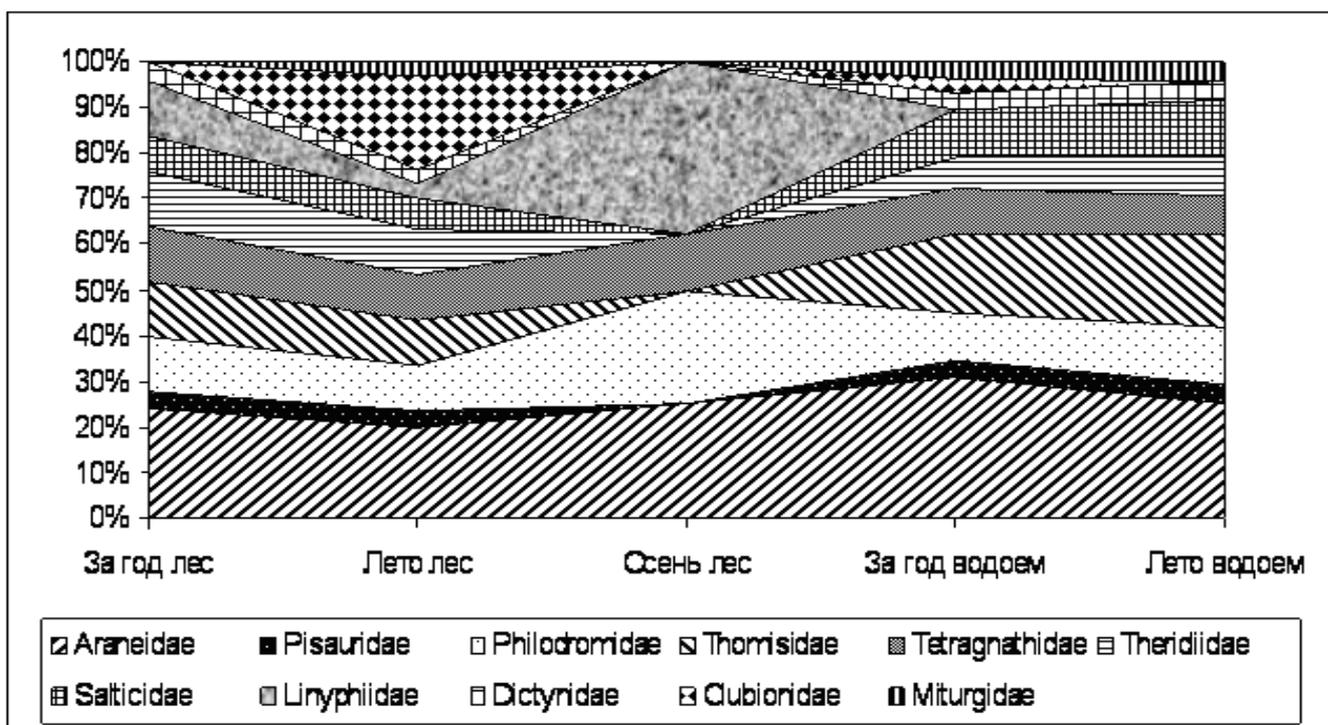


Рис. 7. Соотношение видового богатства семейств пауков хортобия Великоанадольского леса

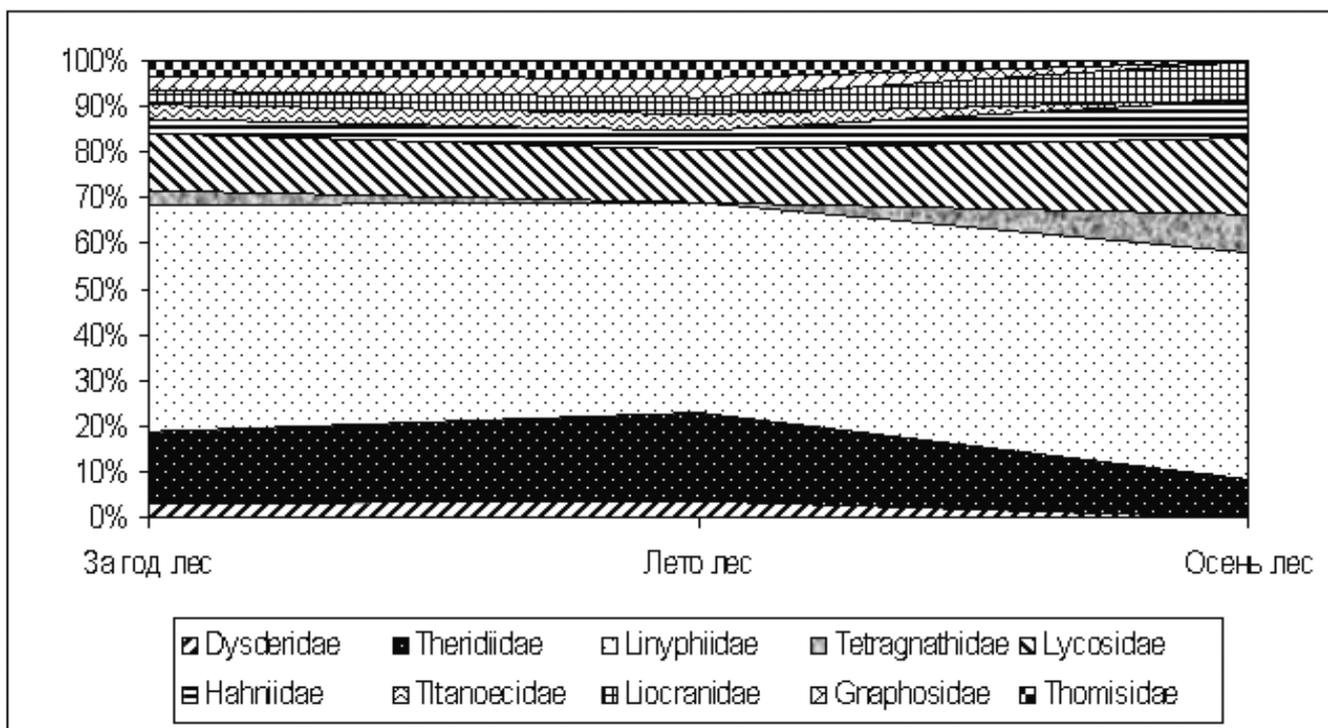


Рис. 8. Соотношение видового богатства семейств пауков герпетобия Великоанадольского леса

Выводы

В результате проведенных исследований было установлено, что аранеофауна Великоанадольского леса на настоящий момент насчитывает 104 вида, относящихся к 20 семействам. Основу фауны составляют мезофильные, политопные и ксеро-мезофильные виды. В отношении типично лесных видов фауна пауков исследованного искусственного лесного массива значительно обеднена. Наибольшим сходством с аранеофауной Великоанадольского леса характеризуются аранеофауны байрачных лесов и лесополос региона. Характер изменения численности и видового богатства разных ярусов под пологом леса и на берегу водоема следует разнонаправленным тенденциям: в герпетобии первого биотопа пауки более разнообразны и многочисленны, а во втором биотопе наоборот – большим числом видов и экземпляров характеризуется хортобий.

Список литературы

1. Апостолов Л.Г. Некоторые вопросы структуры энтомокомплексов лесных биогеоценозов в условиях степи юго-восточной Украины // Тр. комплексной экспедиции ДГУ. Вопр. степного лесоведения. – Днепропетровск: Изд-во ДГУ, 1968. – Вып. 1. – С. 110-122.
2. Бурда Р.И. Антропогенная трансформация флоры. – К.: Наук. думка, 1991. – 168 с.
3. Галкин Ю.А., Прокопенко Е.В. К познанию аранеофауны Великоанадольского леса // Тез. доп. III Міжнар. наук. конф. аспірантів та студентів "Охорона навколишнього середовища та раціональне використання природних ресурсів" (м. Донецьк, 13-15 квітня 2004 р.). – Донецьк: ДонНТУ, 2004. – Т. 2. – С. 55-56.
4. Гречушкин В.С. Лесоразведение в Донбассе. – Донецк: Донбас, 1971. – 199 с.
5. Данько В.М. Цінний документ про поширення лісів на Південному сході України в середині XVIII ст. // Укр. бот. журн. – 1959. – Т. XVII, № 1. – С. 72.

6. [Есюнин С.Л., Головач С.И., Пенев Л.Д.] *Esyunin S.L., Golovatch S.I., Penev L.D.* The fauna and zoogeography of spiders inhabiting oak forests of the East European Plain (Arachnida: Araneae) // *Ber. nat.-med. Verein Innsbruck*. – 1993. – Bd. 80. – S. 175-249.
7. [Есюнин С.Л., Пенев Л.Д., Головач С.И.] *Esjunin S.L., Penev L.D., Golovatch S.I.* Distribution and assemblage classification of spiders of the East European oak forests (Arachnida, Aranei) // *Arthropoda Selecta*. – 1994. – 3 (3-4). – P. 67-98.
8. *Кириленко В.А., Леготай М.В.* К исследованию фауны Aranei в восточной лесостепи Украины // *Фауна и экология насекомых*. – Пермь: Изд-во Пермск. ун-та, 1981. – С. 45-54.
9. *Медведев С.И.* Опыт эколого-зоогеографического районирования Украины на основе изучения энтомофауны // *Тр. науч.-исслед. ин-та биол. и биол. ф-та Харьковск. гос. ун-та*. – Харьков: ХГУ, 1957. – Т. 27. – С. 5-27.
10. *Медведев С.И.* Основные черты изменения энтомофауны Украины в связи с формированием культурного ландшафта // *Зоол. журн.* – 1959. – Т. 38, вып. 1. – С. 54-68.
11. [Пенев Л.Д., Есюнин С.Л., Головач С.И.] *Penev L.D., Esjunin S.L., Golovatch S.I.* Species diversity versus species composition in relation to climate and habitat variation: a case study on spider assemblages (Aranei) of the East European oak forest // *Arthropoda Selecta*. – 1994. – 3 (1-2). – P. 65-99.
12. *Полчанинова Н.Ю.* Пауки (Araneae) степной зоны Левобережной Украины: Дис. ... канд. биол. наук: 03.00.09. – С.Пб., 1992. – 226 с.
13. *Прокопенко Е.В.* Пауки (Aranei) естественных и трансформированных территорий юго-востока Украины: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 03.00.08. – К., 2001. – 20 с.
14. *Редько Г.И.* Степное лесоразведение в Великоанадольском лесхоззаге. – С.Пб.: ЛТА, 1992. – 76 с.
15. *Топчиев А.Г.* Распределение животного населения почвы и главным образом хрущей (Scarabaeidae) в Велико-Анадольском лесном массиве // *Мат. работ комплексной экспедиции ДГУ*. – Харьков: Изд-во Харьковск. гос. ун-та, 1955. – Т. 48. – С. 177-203.
16. *Топчиев А.Г.* Фауна хрущей, проволочников, чернотелок и закономерности их распространения в искусственных лесах степной зоны УССР // *Искусственные леса степной зоны Украины*. – Харьков: Изд-во Харьковск. гос. ун-та, 1960. – С. 305-339.
17. *Хархота А.И.* Антропогенные изменения растительности Донецкого кряжа // *Охрана и рациональное использование природы Донбасса*. – Л.: Геогр. общ-во СССР, 1976. – С. 98-103.

Прокопенко О.В. Фауна та екологія павуків (Aranei) Великоанадольського лісу. – Як результат проведених досліджень встановлено, що аранеофауна Великоанадольського лісу на сьогодні нараховує не менше 104 видів, що належать до 20 родин. Основу фауни становлять мезофільні, політопні й ксеро-мезофільні види. Відносно типово лісових видів фауна павуків дослідженого штучного лісового масиву значно збіднена. Найбільшою подібністю до аранеофауни Великоанадольського лісу характеризуються аранеофауни байрачних лісів і лісосмуг регіону.

Ключові слова: фауна павуків, штучний лісовий масив, Великоанадольський ліс.

Procopenco E.V. Fauna and ecology of the spiders (Aranei) of Velikoanadolskiy Les. – As a result of the carried out researches was placed, that araneofauna of Velikoanadolskiy Les on the present moment includes not less than 104 species concerning to 20 families. A basis of the fauna make mesofil, polytop and ksero-mesofil species. In the ratio of typically wood species spiders fauna of the researched synthetic wood array is significant impoverished. By the greatest likeness with the araneofauna of Velikoanadolskiy Les are characterized the araneofauna of the bairak woods and woods bands.

Key words: fauna, spiders, synthetic wood array, Velikoanadolskiy Les.

М.Е. Сергеев
ЖУКИ-ЛИСТОЕДЫ (COLEOPTERA, CHRYSOMELIDAE)
ЗАПОВЕДНИКА "МИХАЙЛОВСКАЯ ЦЕЛИНА"

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Сергеев М.Е. Жуки-листоеды (Coleoptera, Chrysomelidae) заповедника "Михайловская целина". – Впервые приведен обзор фауны жуков-листоедов заповедника "Михайловская целина", видовой состав которой насчитывает 97 видов из 35 родов и 10 подсемейств. Для фауны заповедника впервые отмечены 42 вида, 25 родов и 9 подсемейств жуков-листоедов.

Ключевые слова: фауна, жуки-листоеды, "Михайловская целина", лесостепь.

Введение

"Михайловская целина" – заповедник площадью около 200 га., расположенный в Лебединском районе Сумской области, является единственным отделением Украинского степного природного заповедника (далее по тексту УСПЗ) [3], расположенном в лесостепной зоне. Остальные три отделения: "Каменные Могилы", "Хомутовская степь" и "Меловая флора" находятся в степной зоне. Особенностью заповедника, является степная растительность, которая представлена "южным вариантом северных степей". До настоящего времени фауна жуков-листоедов "Михайловской целины" была слабо изучена. Все сведения о видовом составе, фенологии и биотопическом распределении касались только одного подсемейства – Alticinae [4]. Согласно литературным данным фауна заповедника насчитывала 45 видов листоедов этого подсемейства.

Таким образом, в настоящее время существует необходимость выявить видовой состав и провести анализ фауны жуков-листоедов данного заповедника, с целью выяснения уровня ее специфичности.

Материал и методы

В основу настоящей работы положен материал, собранный на территории заповедника "Михайловская целина" сотрудниками харьковского отделения Украинского энтомологического общества в 80-е годы прошлого века, а также материал, собранный лично автором в 2006 году и все доступные литературные данные. Для анализа сходства фауны листоедов заповедника с фаунами заповедников соседних регионов лесостепной и степной зоны Украины использовался индекс Маунтфорда (I):

$$I = \frac{2j}{2ab - (a + b) \cdot j} \cdot 1000,$$

где I – индекс общности, j – число общих видов на двух территориях, a и b – число видов на каждой территории.

Результаты и обсуждение

В результате проведенных исследований на территории исследуемого заповедника зарегистрировано 97 видов жуков-листоедов из 35 родов и 10 подсемейств. Впервые для фауны заповедника отмечены 42 вида, 25 родов и 9 подсемейств жуков-листоедов. Однако данные цифры не являются окончательными, так как фауна листоедов заповедника, вероятно, выявлена не более чем на 70%. В процессе дальнейших исследований видовой состав листоедов заповедника пополнится за счет представителей подсемейств: Clytrinae, Cryptocerphalinae, Chrysomelinae, Alticinae и видов других подсемейств, отмеченных на территории лесостепи Украины.

Ниже приведен список видов жуков-листоедов, отмеченных на территории заповедника по личным и литературным данным (* – виды, отмеченные впервые для фауны заповедника).

Donaciinae Kirby, 1837

1. *Donacia marginata* Hoppe.*
2. *D. vulgaris* Zschach.*

Criocerinae Latreille, 1807

3. *Crioceris quinquepunctata* (Scop.) *
4. *Cr. quatordecimpunctata* (Scop.) *
5. *Cr. duodecimpunctata* (L.) *
6. *Oulema duftscmidi* (Redt.)*
7. *O. gallaeciana* (Heyd.) *
8. *Lema cyanella* (L.) *

Galerucinae Latreille, 1802

9. *Galeruca tanacetii* (L.) *
10. *G. pomonae pomonae* (Scop.) *
11. *Lochmaea caprea* (L.) *
12. *Agelastica alni* (L.) *
13. *Sermilassa halensis* (L.) *
14. *Luperus xantopoda* (Schrnk.) *

Zeugophorinae Böving et Craighead, 1931

15. *Zeugophora flavicollis* (Marsh.) *

Clytrinae Kirby, 1837

16. *Smaragdina affinis* (Ill.) *
17. *Sm. salicina* (Scop.) *
18. *Clytra laeviuscula* (Ratz.) *

Cryptocephalinae Gyllenhal, 1813

19. *Cryptocephalus flavipes* F. *
20. *Cr. moraei* (L.) *
21. *Cr. bipunctatus* (L.) *

Eumolpinae Hoppe, 1840

22. *Eumolpus asclepiadeus* (Pall.) *

Chrysomelinae Latreille, 1802

23. *Leptinotarsa decimlineata* (Say.) *
24. *Chrysolinae polita* (L.) *
25. *Ch. fastuosa* (Scop.) *
26. *Ch. varians* (Schall.) *
27. *Ch. staphylea* (L.) *
28. *Plagiodera versicolora* (Laich.) *
29. *Chrysomela vigintipunctata* (Scop.) *
30. *Gastrophysa polygoni* (L.) *
31. *G. viridula* (Deg.) *
32. *Phratora vulgatissima* (L.) *
33. *Prasocuris phelandrii* (L.) *
34. *Phaedon cochleariae* (F.) *

Cassidinae Stephens, 1831

35. *Hyppocassida subferruginea* (Schrnk.)
36. *Cassida viridis* L. *
37. *C. vibex* L. *
38. *C. rubiginosa* Mull. *
39. *C. nobilis* L. *

Alticinae Newman, 1834

40. *Epitrix pubescens* (Koch.) *
41. *Crepidodera aurata* (Marsh.)
42. *Cr. fulvicornis* (F.) *
43. *Cr. plutus* (Latr.) *
44. *Asiolestia interpunctata* (Motsch.)
45. *As. transversa* (Marsh.)
46. *As. crassicornis* (Fald.) *

47. *Lythroria salicaria* (Pk.) *
48. *Altica oleracea* (L.)
49. *A. palustis* (Wse.) *
50. *Aphthona nigriscutis* Foudr.
51. *A. czwalinae* Wse.
52. *A. beckeri* Jebbs.
53. *A. lutescens* (Gyll.)
54. *A. euphorbia* (Schrnk.)
55. *A. nonstriata* (Gz.)
56. *A. abdominalis* (Duft.)
57. *A. flavipes* All.
58. *A. pallida* Bach.
59. *Aphthona gracilis* Fald. *
60. *Phyllotreta vittula* (L. Redt.)
61. *Ph. atra* (F.)
62. *Ph. nigripes* (F.)
63. *Ph. striolata* (F.) *
64. *Ph. undulata* (Kutsch.) *
65. *Ph. nemorum* (L.) *
66. *Ph. tetrastigma* (Com.) *
67. *Chaetocnema hortensis* (Geoffr.)
68. *Ch. aridula* (Gyll.)
69. *Ch. concinna* (Marsh.)
70. *Longitarsus succineus* (Foudr.)
71. *L. jacobaea* (Waterh.)
72. *L. anchusae* (Pk.)
73. *L. lycopi* (Foudr.)
74. *L. longipenis* Kutsch.
75. *L. apicalis* (Beck.)
76. *L. pellucidus* (Foudr.)
77. *L. pratensis* (Pz.)
78. *L. luridus* (Scop.)
79. *L. parvulus* (Pk.)
80. *L. exsoletus* (L.)
81. *L. melanocephalus* (Deg.)
82. *L. nigrofasciatus* (Gz.)
83. *L. obliteratus* (Rosenh.)
84. *L. membranaceus* (Foudr.)
85. *L. tabidus* (F.)
86. *L. suturellus* (Duft.)
87. *L. rubiginosus* (Foudr.) *
88. *Dibolia cynoglossi* (Koch.)
89. *D. rugulosa* L. Redt.
90. *D. cryptocephala* (Koch.)
91. *D. metallica* Motsch.
92. *D. depressiuscula* (Letzn.)
93. *D. femoralis* L. Redt.
94. *Psylliodes attenuatus* (Koch.)
95. *Ps. chalcomerus* (Ill.)
96. *Ps. affinis* (Pk.) *
97. *Ps. dulcamare* (Koch.) *

Специфичность исследуемой фауны жуков-листоедов устанавливалась сравнением ее таксономического состава с таковым соседних фаун. В данном случае сравнивались таксономический состав фауны листоедов Каневского природного заповедника (далее по тексту – КА) [1] и заповедника "Медоборы" (далее по тексту – МЕ) [7], расположенных в лесостепной зоне, и заповедников "Каменные Могилы" (далее по тексту – КМ) [2] и "Хомутовская степь" (далее по тексту – Хс) [5, 6] – расположенных в степной зоне (табл. 1).

Таблица 1

Таксономический состав фауны жуков-листоедов заповедников "Михайловская целина", "Медоборы", "Каменные Могилы" и Каневского природного заповедника

Подсемейства	Заповедники (количество видов, родов)			
	МЦ	КА	МЕ	КМ
Donaciinae Kirby, 1837	2 (1)	2 (1)	9 (2)	3 (2)
Criocerinae Latreille, 1807	6 (3)	4 (3)	6 (4)	8 (4)
Lamprosomalitae Geminger et Harold, 1874	–	1 (1)	–	–
Zeugophorinae Böving et Craighead, 1931	1 (1)	–	2 (1)	–
Orsodacninae Clavareau, 1913	–	–	1 (1)	–
Eumolpinae Thomson, 1859	1 (1)	2 (2)	3 (3)	1 (1)
Clytrinae Kirby, 1837	3 (2)	5 (3)	9 (5)	9 (5)
Cryptocephalinae Gyllenhal, 1813	3 (1)	23 (2)	25 (2)	17 (2)
Chrysomelinae Latreille, 1802	12 (8)	17 (7)	34 (10)	15 (10)
Galerucinae Latreille, 1802	6 (5)	10 (6)	12 (9)	12 (6)
Alticinae Newman, 1834	58 (11)	82 (15)	82 (15)	72 (14)
Cassidinae Gyllenhal, 1813	5 (2)	11 (3)	18 (3)	7 (2)
Hispinae Gyllenhal, 1813	–	–	1 (1)	1 (1)
Всего	97 (35)	157 (43)	203 (56)	143 (47)

При сравнении таксономического состава фаун указанных территорий наблюдается общая закономерность в соотношении количества родов и видов (доминируют Alticinae, Chrysomelinae, Cryptocephalinae, Galerucinae). Во всех фаунах сохраняются близкие пропорции в соотношении богатства и остальных подсемейств. Географическое положение заповедника "Михайловская целина" объясняет отсутствие на ее территории многих видов (родов), свойственных зоне степи (например, *Tituboea macropus* Ill., *Coptocephala gebleri* Gebl., *Galeruca melanocephala* (Ponz.), *Phyllotreta nodicornis* (Marsh.), *Longitarsus medvedevi* Shapiro и др.

В результате анализа индексов сходства фаун (табл. 2, рис. 1), самой близкой к фауне "Михайловской целины" по своему таксономическому составу оказалась фауна заповедника "Меловая Флора" (далее по тексту – МФ), наименьшим сходством с исследуемой фауной обладает фауна заповедника "Медоборы". Однако наибольшее количество общих видов с фауной "Михайловской целины" имеет фауна "Медобор" – 63 вида из 97 видов фауны "Михайловской целины". Большое количество общих видов с фауной "Хомутовской степи" и "Каменными Могилами" объясняется присутствием в исследуемой фауне видов, широко распространенных как в лесостепной, так и в степной зоне Украины: *Crioceris quatordecimpunctata*, *Galeruca pomona pomonae*, *Smaragdinae affinis*, *Cryptocephalus bipunctatus*, *Chrysolina fastuosa*, *Gastrophysa polygoni*, *Hyppocassida subferruginea*, *Crepidodera aurata*, *Altica oleracea*, *Aphthona abdominalis*, *Phyllotreta nemorum*, *Longitarsus tabidus* и др. Однако сходство фауны листоедов заповедника с фауной лесостепной зоны связано с присутствием таких видов: *Chrysolina varians*, *Longitarsus apicalis*, *L. rubiginosus*, *Phyllotreta tetrastigma*. На территории степной зоны они известны по единичным находкам только из северных районов, а *Longitarsus apicalis* в настоящее время в степной зоне известен только по литературным данным.

Таблица 2

Показатели сходства фаун жуков-листоедов Украинского степного природного заповедника, Каневского природного заповедника и заповедника "Медоборы"

Заповедники	МЦ	МФ	КМ	Хс	КА	МЕ
МЦ	97	8,7	6,6	9,1	7,9	6,2
МФ	44	96	8,0	8,3	6,1	4,3
КМ	51	56	143	8,9	5,0	4,8
Хс	59	56	78	138	6,3	6,3
КА	60	52	64	71	157	5,3
МЕ	63	51	76	76	86	203

Примечание. Верхняя правая сторона таблицы – индекс Маунтфорда; нижняя левая – общие виды; по диагонали – количество видов в каждом заповеднике.

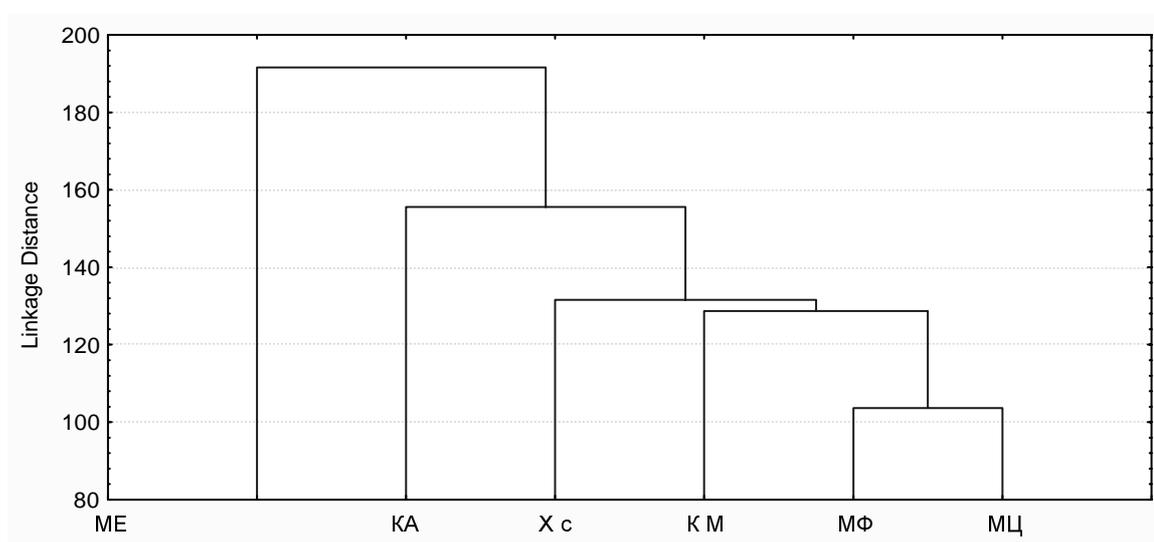


Рис. 1. Уровень сходства фауны жуков-листоедов заповедников лесостепной и степной зоны Украины с фауной листоедов заповедника "Михайловская целина"

Выводы

Таксономическая структура фауны жуков-листоедов заповедника "Михайловская целина" представлена 10 подсемействами, 35 родами и 97 видами. Впервые для данного заповедника указывается 9 подсемейств, 25 родов и 42 вида. По своему составу фауна жуков-листоедов заповедника "Михайловская целина" является частью фауны лесостепной зоны Восточноевропейской равнины. Главное отличие от соседних фаун состоит в специфике видового состава, которая вызвана присутствием ряда видов листоедов, характерных для степной зоны Украины и связанных со степной растительностью на территории заповедника.

Благодарности

Автор выражает глубокую благодарность канд. биол. наук Лежениной И.П., канд. биол. наук Филатову М.А. и Грамма В.Н. (Харьковское отделение Украинского энтомологического общества) за материал, любезно предоставленный к обработке.

Список литературы

1. Глобова Н.Д. Жуки-листоїди (Chrysomelidae, Coleoptera) долини середнього Дніпра // Тр. Канівського біогеографічного збірника. – 1949. – № 7. – С. 73-86.
2. Сергеев М.Е. Земляные блошки (Coleoptera, Chrysomelidae, Alticinae) заповедника "Каменных Могил" // Сб. науч. тр. "Экология и фауна юго-востока Украины". – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6. – С. 68-72.
3. Ткаченко В.С., Дидух Я.П., Генов А.П. и др. Украинский природный степной заповедник. Растительный мир. – К.: Фитосоцицентр, 1998. – 280 с.
4. Шапиро Д.С. Фауна блошек (Halticinae) Михайловской степи Сумской области // Энтومол. обозрение. – 1952. – Т. 32. – С. 219-225.
5. Шапиро Д.С. Фауна земляных блошек (Coleoptera, Chrysomelidae) Хомутовской степи Сталинской области // Энтومол. обозрение. – 1951. – Т. XXXI, вып. 3-4. – С. 414-421.
6. Шапиро Д.С. Фауна земляных блошек в лесостепной и степной зоне УССР (насекомые, жесткокрылые, семейство листоедов): Дис. ... докт. биол. наук. – Харьков, 1954. – Т. I-II. – 705 с.
7. Kubisz D., Mazur M., Pawlowski J. Chrzaszczce Miodoborow (Zachodnia Ukraine) Czesc II. Aktualny stan poznania (Insecta: Coleoptera) // Studia Osrodka Dokumentacji Fiziograficznej. – 1997-1998. – Т. XXV. – Р. 217-294.

Сергеев М.Е. Жуки-листоїди (Coleoptera, Chrysomelidae) заповідника "Михайлівська цілина". – Уперше наведено загальний список 97 видів жуків-листоїдів із 35 родів та 10 підродин. Для фауни заповідника вперше відзначено 42 види (25 родів, 9 підродин).

Ключові слова: фауна, таксономічний склад, жуки-листоїди, "Михайлівська цілина", лісостеп.

Sergeev M.Ye. Leaf-beetls (Coleoptera, Chrysomelidae) of "Mychailowskaj tselina" reserve. – The first review of leaf-beetls fauna of "Mychailowskaj tselina" reserve revealed the presence of 97 species, 35 genera and 10 subfamily. 9 subfamily, 25 genera and 42 species are reported here for the first time for this reserve.

Key words: leaf-beetls, fauna, taxonomic structure, "Mychailowskaj tselina", Forest-Steppe.

Н.Н. Ярошенко

**ПАНЦИРНЫЕ КЛЕЩИ РЕГИОНАЛЬНОГО ЛАНДШАФТНОГО ПАРКА
"КЛЕБАН-БЫК" ДОНЕЦКОЙ ОБЛАСТИ***Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46, к. 316
e-mail: zool@dongu.donetsk.ua*

Ярошенко Н.Н. Панцирные клещи регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" Донецкой области. – В результате исследований впервые в РЛП "Клебан-Бык" обнаружено 104 вида панцирных клещей, 36 семейств, 58 родов со средней плотностью 17776 экз./м², составившие 53,20% от общего числа учтенных педобионтов. Для исследуемых биотопов характерны 4 доминанта: *Sheloribates latipes* (Koch), *Sch. laevigatus* (Koch), *Punctoribates zachvatkini* Schald., *Pilogalumna allifera* (Oudms.). Видовой спектр максимальный в облесенном овраге (59), петрофитной целинной степи (51), лесопосадке (40) и минимальный на пойменном лугу в рекреационной зоне (26). Соответственно их плотность составила 22800-32870-13880-4070 экз./м². Сезонная численность панцирных клещей в трех биотопах, за исключением оврага, резко варьирует. В трех биотопах отмечен общий пик численности в ноябре, минимум – в октябре (лесопосадка), августе (петрофитная целинная степь), июле (пойменный луг в рекреационной зоне).

Ключевые слова: панцирные клещи, орибатида, биотоп, плотность, доминанты.

Введение

Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) среди почвенных свободноживущих сапрофагов занимают одно из ведущих мест, заселяя все типы почв и растительных подстилок. Они имеют важное значение в почвообразовательных процессах. Огромное значение в природе, широкое распространение, преобладание в почвенных биоценозах всегда привлекает внимание к их изучению. Фауна панцирных клещей регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" ранее никем не исследовалась. В связи с этим нами проведены исследования по изучению видового состава, биотопического распределения, сезонной численности панцирных клещей в условиях парка.

Материал и методика исследований

В июле, августе, октябре и ноябре 2005 г. были взяты почвенные пробы в облесенном овраге, лесопосадке, на степном участке целинной петрофитной степи и пойменном лугу в рекреационной зоне. Почвенные образцы брали объемом 250 см³ в 10-кратной повторности ежемесячно на стационарных площадках размером 15x15 м. Обработку почвенных проб проводили в лаборатории акарологии кафедры зоологии ДонНУ по общепринятой методике Е.М. Булановой-Захваткиной [2], М.С. Гилярова [3], Г.Д. Сергиенко [4], Н.Н.Ярошенко [6]. Пересчет панцирных клещей проводили на одну повторность. Среднюю плотность населения орибатид определяли по методике К.К. Фасулати [5]. Индекс доминирования по обилию, выраженному в процентах, применяли при сравнении количественных характеристик панцирных клещей исследуемых биотопов (свыше 5% – доминирующий, от 2 до 5% – часто встречаемый, менее 2% – редкий вид) [1].

Результаты и обсуждение

Облесенный овраг расположен с севера на юг в направлении к реке Клебан-Бык. В овраге преобладают боярышник, шиповник, лесная груша, местами карагана. Травянистая растительность густая, со 100% проективным покрытием. Преобладают злаковые растения. По тальвегу ближе к верховью выступают грунтовые воды, где доминируют осоковые и злаковые растения, кустарники, которые служат укрытием и местом отдыха для диких животных. Склоны оврага в начале пологие, затем довольно крутые, покрытые петрофитной растительностью и кустарниками шиповника и боярышника. Ближе к посадке тальвег более пологий с широкими склонами и обильной растительностью.

В овраге из 20 почвенных проб извлечено 1140 экз. панцирных клещей, которые составили 60,45% от общего количества учтенных педобионтов. Преимагинальные фазы орибатид составили 15,35% (175 экз.), имаго – 84,65% (965 экз.). Видовой состав панцирных

клещей довольно многочисленный (59 видов, 41 род, 26 семейств) с довольно высокой средней плотностью – 22800 экз./м².

Доминировали 5 видов: *Hypochthonius rufulus rufulus* Koch – 6,84% (78 экз.), часто встречался в лесопосадке, в степном и луговом биотопах не обнаружен; *Nanhermannia nana* (Nis.) – 7,54% (86 экз.), многочисленный вид облесенного оврага, в других биотопах не обнаружен; *Eremaeus oblongus* Koch – 5,09% (58 экз.), редок в лесопосадке, в остальных биотопах не встречался; *Scheloribates latipes* (Koch) – 10,61% (121 экз.), обладает широкой экологической валентностью, доминант трех биотопов и часто встречаемый в лесопосадке; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 6,66% (76 экз.), доминант оврага и лесопосадки, в целинной петрофитной степи не обнаружен (рис. 1). Часто встречались 9 и редко – 45 видов (табл. 1).

Впервые для фауны Донецкой области приведены 5 видов: *Malacothonrus pigmeus* Aoki; *Nanhermannia coronata* Berl., *Litholesetes altudines* Grandjean, *Liacarus lencoranicus* D.Kriv., *Pilogalumna boevi* (Krivolutskaja). В облесенном овраге обнаружены 22 вида панцирных клещей, которые не встречались в остальных исследуемых биотопах. В овраге более благоприятные эдафические условия для жизнедеятельности панцирных клещей, о чем свидетельствует их многочисленный видовой спектр (см. табл. 1).

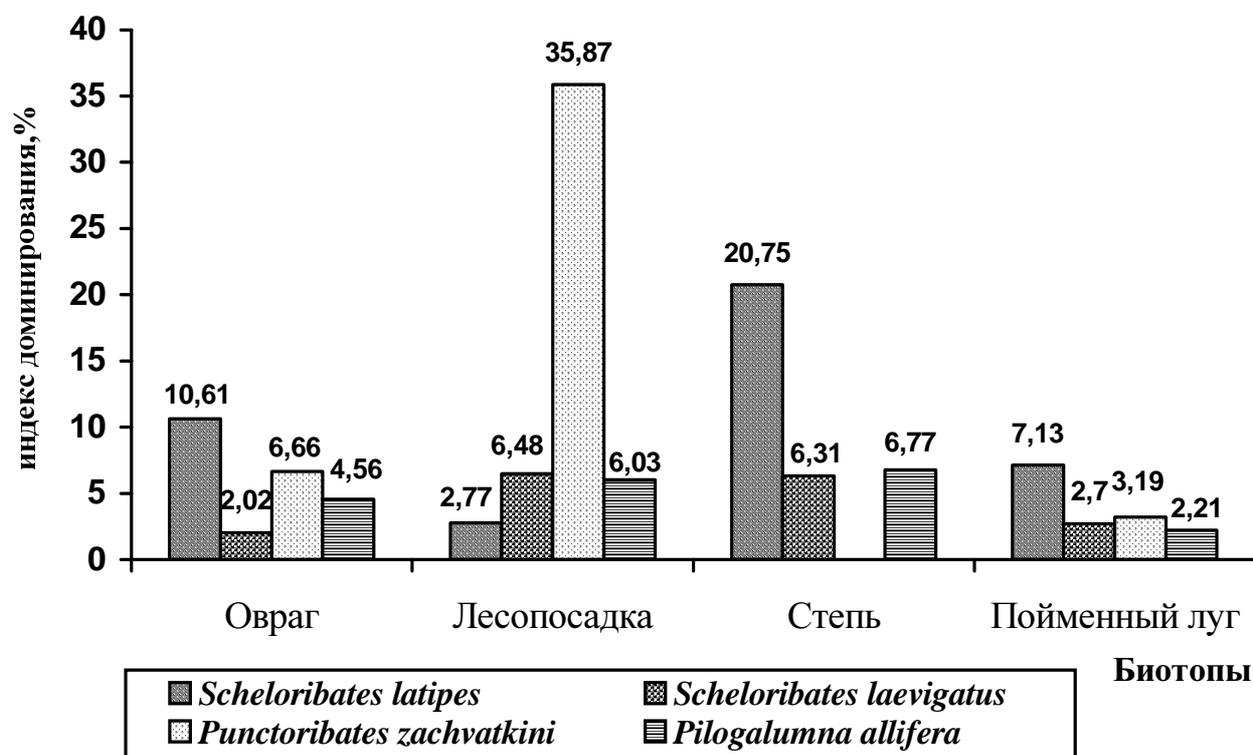


Рис. 1. Распределение доминирующих видов орибатид по биотопам в условиях регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" Донецкой области (2005 г.)

Биотопическое распределение панцирных клещей в условиях регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" (Донецкая область, 2005 г.)

ВИД	Овраг	Лесо- посадка	Степь	Луг	Всего
<i>Hypochthonius luteus luteus</i> Oudms.	-	-	0,07	-	0,02
<i>H. rufulus rufulus</i> Koch	6,84	4,05	-	-	3,39
<i>H. rufulus europaeus</i> D. Kriv.	0,88	0,21	-	-	0,27
<i>Sphaerochthonius splendidus</i> (Berl.)	-	-	0,79	0,25	0,19
<i>Hypochthoniella minutissima</i> (Berl.)	0,70	0,52	-	-	0,40
<i>Brachychthonius immaculatus</i> Forssl.	-	-	0,07	10,32	0,69
<i>B. berlesei</i> Will.	-	-	-	1,47	0,09
<i>Liochthonius alpestris</i> (Forssl.)	-	0,18	-	4,42	0,39
<i>L. lapponicus</i> Trag.	-	0,27	-	-	0,15
<i>Epilohmannia inexpectata</i> Schuster	-	-	1,37	0,25	0,32
<i>Camisia segnis</i> (Herm.)	-	-	0,07	-	0,02
<i>C. horrida</i> (Herm.)	-	0,06	-	-	0,03
<i>Platynothrus peltifer</i> (Koch) *	4,04	-	-	-	0,74
<i>Trhypochthonius cladonicola</i> Will.	-	0,09	-	-	0,05
<i>T. tectorum</i> (Berl.)	-	-	0,22	-	0,05
<i>Malaconothrus pigmeus</i> Aoki	2,10	-	-	-	0,39
<i>M. punctatus</i> v.d. Hammen	0,35	-	-	-	0,06
<i>Nanhermannia nana</i> (Nic.)	7,54	-	-	-	1,38
<i>N. coronata</i> Berl.	0,26	-	-	-	0,05
<i>Hermanniella dolosa</i> Grandjean	0,18	0,21	-	-	0,15
<i>H. serrata</i> Sitnikova	1,58	-	-	-	0,29
<i>H. punctulata</i> Berl.	-	0,24	-	-	0,13
<i>Allodamaeus starki</i> B.-Z.	0,09	-	0,22	-	0,06
<i>Gymnodamaeus bicostatus</i> Koch	-	-	0,07	-	0,02
<i>G. austriacus</i> Will.	-	-	0,29	-	0,06
<i>Licnodamaeus undulatus</i> (Paoli)	1,05	0,31	-	-	0,35
<i>Licnobelba alestensis</i> Grandjean	0,09	-	0,07	-	0,03
<i>Belba dubinini</i> B.-Z.	-	-	0,43	-	0,09
<i>Metabelba pulverulenta</i> (Koch)	3,68	1,49	0,07	7,37	1,96
<i>M. papillipes</i> (Nic.)	1,14	1,40	0,36	7,37	1,51
<i>Epidamaeus plumosus</i> B.-Z.	-	-	0,07	-	0,02
<i>Eremaeus oblongus</i> Koch *	5,09	0,12	-	-	0,99
<i>E. silvestris</i> Forssl.	-	0,15	-	-	0,08
<i>Fosseremaes laciniatus</i> (Berl.)	-	-	0,36	-	0,08
<i>Microzetorches emeryi</i> (Coggi)	0,18	-	0,15	-	0,06
<i>Litholesetes altudines</i> Grandjean	0,18	-	-	-	0,03
<i>Xenillus tegeocranus</i> (Herm.)*	0,09	0,06	-	-	0,05
<i>Birsteinus clavatus</i> D.Kriv.	0,18	-	-	-	0,03
<i>Liacarus coracinus</i> (Koch)*	0,09	-	-	-	0,02
<i>L. lencoranicus</i> D.Kriv	0,09	-	-	-	0,02
<i>Dorycranosus splendens</i> (Coggi)	-	-	0,94	-	0,21
<i>D. punctulatus</i> (Mih.)	-	-	0,22	-	0,05
<i>D. zachvatkini</i> Kulijew	-	-	0,43	-	0,09
<i>Astegistes pilosus</i> (Koch)	0,52	-	-	-	0,09
<i>Furcoribula furcillata</i> Nord.*	0,52	-	1,73	-	0,48

ВИД	Овраг	Лесо- посадка	Степь	Луг	Всего
<i>Tectocepheus velatus</i> Mich. *	0,79	0,43	0,29	1,47	0,53
<i>Suctobelbella latirostris</i> (Forssl.)	0,44	2,40	-	-	1,35
<i>S. alloenasuta</i> Moritz	3,86	4,32	-	0,25	3,01
<i>S. subtrigona</i> (Oudms.)	0,52	0,82	-	-	0,53
<i>S. nasalis</i> (Forssl.)	-	0,09	-	-	0,05
<i>S. subcornigera</i> (Forssl.)	-	0,03	-	-	0,02
<i>S. perpendiculata</i> (Forssl.)	-	-	-	0,25	0,02
<i>Multioppia glabra</i> Mih.	2,19	5,66	-	-	3,39
<i>Quadroppia quadricarinata</i> (Mich.)	0,26	-	-	-	0,05
<i>Oppiella nova</i> (Oudms.)	0,35	0,21	0,29	-	0,24
<i>Epimerella smirnovi</i> var <i>longisetosa</i> Kul.	-	0,03	-	-	0,02
<i>Anomaloppia chitinophincta</i> (Koch)	0,09	-	-	-	0,02
<i>Medioppia tuberculata</i> (B.-Z.)	0,18	-	-	-	0,03
<i>Medioppia obsoleta</i> (Paoli)	-	-	-	1,47	0,09
<i>Micropoppia minus</i> (Paoli)	0,09	0,27	-	-	0,16
<i>Oppia nitens</i> Koch.	0,09	-	-	-	0,02
<i>Discoppia cylindrica</i> (Perez-Inigo)	-	-	3,24	1,72	0,84
<i>Ramusella mihelcici</i> (Perez-Inigo)	0,09	-	-	-	0,02
<i>R. clavipectinata</i> (Mih.)	2,02	2,44	1,23	0,25	1,94
<i>Passalozetes africanus</i> Gr.	-	-	0,79	-	0,18
<i>Scutovertex serratus</i> Sitnikova	-	-	0,94	1,47	0,31
<i>Oribatula pallida</i> Banks	-	-	0,07	-	0,02
<i>Zygoribatula frisiae</i> (Oudms.) *	1,23	-	12,25	-	2,96
<i>Z. terricola</i> v.d. Hammen	-	-	0,07	3,68	0,26
<i>Z. exarata</i> Berl.	0,09	-	0,07	-	0,03
<i>Z. thalassophila</i> Gr.	-	-	9,94	-	2,22
<i>Z. trigonella</i> B.-Z.	-	-	0,07	-	0,02
<i>Z. vulgaris</i> B.-Z.	-	-	-	0,25	0,02
<i>Scheloribates laevigatus</i> (Koch)	2,02	6,48	6,34	2,70	5,38
<i>Sch. latipes</i> (Koch)	10,61	2,77	20,75	7,13	8,50
<i>Protoribates capucinus</i> Berl.	0,52	0,34	0,29	0,74	0,39
<i>P. monodactylus</i> (Haller)	0,52	0,12	0,50	-	0,27
<i>P. glaber</i> Mih.	-	-	0,14	-	0,03
<i>Protoribates</i> sp.	-	-	0,50	-	0,11
<i>Trichoribates trimaculatus</i> (Koch)*	0,88	0,09	0,22	-	0,26
<i>T. punctulatus</i> Schald.	-	0,06	0,22	-	0,08
<i>T. novus</i> (Selln.)	-	-	0,22	-	0,05
<i>Ceratozetes minutissimus</i> Will.	-	0,06	0,07	-	0,05
<i>C. selnicki</i> (Rajski) *	0,18	-	0,86	-	0,23
<i>C. mediocris</i> Berl.*	0,35	0,88	0,43	-	0,63
<i>C. gracilis</i> (Mich.)*	0,18	-	-	-	0,03
<i>C. piritus</i> Gr.	0,18	-	-	-	0,03
<i>C. cisalpinus</i> (Baljgh)	-	-	0,29	-	0,06
<i>Ceratozetes</i> sp.	-	-	0,65	2,46	0,30
<i>Punctoribates zachvatkini</i> Schald.	6,66	35,87	-	3,19	20,38
<i>P. punctum</i> (Koch)*	-	-	-	0,25	0,02
<i>Xiphobates kievinensis</i> Schald.	-	0,46	-	-	0,24
<i>Eupelops bilobulus</i> (Selln.)	1,75	-	-	-	0,32

ВИД	Овраг	Лесо- посадка	Степь	Луг	Всего
<i>E. acromios</i> (Herm.)*	0,61	-	-	-	0,11
<i>Peloptulus phaenotus</i> (Koch)	0,35	-	0,58	5,65	0,56
<i>Tectoribates ornatus</i> (Schuster)	-	-	0,22	-	0,05
<i>Galumna lanceata</i> Oudms.	0,79	2,47	2,52	3,68	2,25
<i>G. obvia</i> (Berl.)*	0,09	-	-	-	0,02
<i>G. alata</i> (Herm)	-	-	0,43	-	0,09
<i>Pilogalumna allifera</i> (Oudms.)	4,56	6,03	6,77	2,21	5,67
<i>P. tenuiclava</i> (Berl.)	3,59	-	-	-	0,66
<i>P. boevi</i> (Krivolutskaja)	0,44	0,06	-	-	0,11
<i>Phthiracarus laevigatus</i> (Koch)	0,44	-	-	-	0,08
<i>Euphthiracarus cribrarius</i> (Berl.)	0,18	0,15	-	4,18	0,39
Личинки и нимфы орибатид	15,35	18,10	20,75	25,55	18,67
Всего панцирных клещей, экз.	1140	3287	1388	407	6222
Количество проб	20	40	40	40	140
Количество клещей на 1 пробу, экз.	57,00	82,175	34,70	10,175	44,44
Плотность, экз./м ²	22800	32870	13880	4070	17776
% к общему числу почвообитателей	60,45	76,00	43,85	17,54	53,20
Количество видов панцирных клещей	59	40	51	26	104
Доминирующих	5	4	5	5	4
Часто встречаемых	9	6	2	8	5
Редких	45	30	44	13	95

Примечание. * – виды, способные принимать участие в цикле развития ленточных червей из сем. Anoplocephalidae.

Лесопосадка – искусственное насаждение клена полевого и акации белой, расположенной вдоль пойменного луга на границе с петрофитной степью. Листовая подстилка обильная. Здесь из 40 почвенных проб извлечено максимальное количество панцирных клещей – 3287 экз. (76,04%) со средней плотностью 32870 экз./м², но видовой состав значительно меньший, чем в облесенном овраге и на петрофитной целинной степи – 40 видов, 27 родов, 20 семейств. Средняя плотность более высокая и в 2,44 – 2,37 – 8,08 раза превышает плотность, соответственно, облесенного оврага, петрофитной целинной степи и пойменного луга в рекреационной зоне. Здесь наблюдаем высокий порог обилия панцирных клещей, что обусловлено рыхлой листовой подстилкой, которая создает благоприятные условия для обитания клещей. Из небольшого видового состава (40) часто встречающихся – 6, редких – 30 видов и доминировали 4 вида: *Multioppia glabra* Mih. – 5,66% (186 экз.), вид часто встречался в облесенном овраге, в остальных биотопах не обнаружен; *Schelorbates laevigatus* (Koch) – 6,48% (213 экз.), преобладал в степном биотопе, часто встречался в остальных двух биотопах; *Punctoribates zachvatkini* Schald. – многочисленный вид среди доминантов лесопосадки – 35,87% (1179 экз.), часто встречался на пойменном лугу; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 6,03% (198 экз.), также доминировал в петрофитной целинной степи, частый встречаемый вид в овраге и на пойменном лугу (см. рис. 1, табл. 1).

В лесопосадке найдено 7 стенобионтных видов, которые не обнаружены в других биотопах. Сходство по встречаемости видов двух биотопов (овраг и лесопосадка) составило 28,28%, что обусловлено различием эдафических, ценологических и географических условий обитания панцирных клещей.

Петрофитный целинный участок степи расположен на восточном склоне водораздела между оврагами и примыкает к лесопосадке. Из растительности преобладает типчак, ковыль Лессинга и разнотравье, местами кустарники шиповника и боярышника. Травянистая подстилка небольшая и состоит в основном из типчака и ковыли. Почва

глинистая и каменистая. Поверхностный слой почвы (0-10 см) сухой в жаркий период лета и влажный весной и осенью. Здесь из 40 проб извлечено 1388 экз. (43,85%) панцирных клещей, средняя плотность – 13880 экз./м². Преимагинальные фазы составили 20,75% (288 экз.), имаго – 79,25% (1100 экз.). Определен значительный видовой состав орибатид – 51 вид, относящийся к 32 родам и 25 семействам. Из них часто встречались 2 и редко – 44 вида. Доминировали 5 видов: *Zygoribatula frisiae* (Oudms.) – 12,25% (170 экз.), 14 экз. (1,23%) также найдены в овраге, в остальных биотопах не обнаружен; *Zygoribatula thalassophila* Gr. – 9,94% (138 экз.), стенобионтный вид; *Scheloribates latipes* (Koch) – 20,75% (288 экз.), пластичный вид, преобладает в трех исследуемых биотопах, часто встречался в лесопосадке; *Sch. laevigatus* (Koch) – 6,34% (88 экз.) также преобладал в лесопосадке, а в остальных биотопах – часто встречаемый вид; *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 6,77% (94 экз.), доминировал в лесопосадке, в остальных биотопах – часто встречаемый вид.

В целинной степи отмечено 22 стенобионтных вида. Для фауны области впервые отмечены 2 вида: *Trichoribates punctatus* Schald., *Galumna alata* (Herm.). Сходство по встречаемости видов степи с лесопосадкой и оврагом составило, соответственно, 19,09 – 16,48%, что обусловлено различием биотопов и их структурой.

На **пойменном лугу**, расположенном в рекреационной зоне между лесопосадкой и водохранилищем, почва песчаная, хорошо задерненная, со 100% проективным покрытием. Из травянистой растительности преобладают злаки и луговое разнотравье, местами куртины боярышника. Луг используется как зона отдыха для туристов, рыбаков и автотуристов. Луговая растительность постоянно подвержена антропогенному воздействию (стоянка автомобилей, палатки, костры и т.д.).

На лугу из 40 проб собрано минимальное количество панцирных клещей – 407 экз. (17,54% от общего числа педобионтов). Средняя плотность минимальна среди всех обследованных биотопов – 4070 экз./м². Примагинальные фазы составили 25,55% (104 экз.), имаго – 74,45% (300 экз.). Видовой состав малочисленный – 26 видов из 20 родов и 16 семейств. Из них часто встречаемых – 8, редких – 13 и доминирующих – 5 видов (см. табл. 1). К доминантам отнесены: *Brachychthonius immaculatus* Forssl. – 10,32% (42 экз.), 1 экз. этого вида также найден в целинной степи, в остальных биотопах не обнаружен; *Metabelba pulverulenta* (Koch) – 7,37% (30 экз.), часто встречался в овраге – 3,68% (42 экз.), редок в лесопосадке – 1,40% (46 экз.) и в целинной степи – 0,07% (1 экз.); *Metabelba papillipes* (Nic.) – 7,37% (30 экз.), редкий вид в остальных биотопах; *Scheloribates latipes* (Koch) – 7,15% (29 экз.), часто встречаемый вид в лесопосадке и доминант в остальных биотопах (см. рис. 1); *Peloptulus phaenotus* (Koch) – 5,65% (23 экз.), не обнаружен в лесопосадке, в остальных биотопах редок. Для пойменного луга характерны 5 стенобионтных видов. Общность видового состава низкая по отношению к оврагу – 15,29%, лесопосадке – 21,21, степи – 22,08%.

Из табл. 1 видно, что каждому обследованному биотопу характерен определенный видовой набор панцирных клещей с определенным количеством доминантов и часто встречаемых видов, обуславливающих высокую численность орибатид. Видовой спектр и численность клещей служит индикатором состояния того или иного биотопа (например, небольшая численность и видовой состав панцирных клещей пойменного луга).

В четырех исследуемых биотопах из 140 почвенных проб всего извлечено 6222 экз. панцирных клещей (53,20%), из них преимагинальных фаз – 1162 экз. (18,67%), имаго – 5060 экз. (81,33%). Всего на территории регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" обнаружено 104 вида панцирных клещей, относящихся к 58 родам и 36 семействам, из них 14 видов способны участвовать в цикле развития ленточных червей из семейства Anoplocerphalidae. К часто встречаемым видам отнесены 5, к редким – 95 видов орибатид. Доминировали 4 вида: *Scheloribates latipes* (Koch) – 8,50% (529 экз.), *Sch. laevigatus* (Koch) – 5,38% (335 экз.), *Punctoribates zachvatkini* Schald. – 20,38% (1268 экз.), *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 5,67% (353 экз.) (см. рис. 1, табл. 1).

Численность панцирных клещей по сезонам года на стационаре петрофитной целинной степи, расположенного на восточном склоне водораздела между оврагами, значительно варьировала (рис. 2). Их максимум отмечен в ноябре (48,1 экз. на 1 пробу, плотность – 19240 экз./м², 23 вида) при влажном субстрате и теплой погоде, минимум – в августе (21,7 экз. на пробу, плотность – 8680 экз./м², 18 видов) при жаркой погоде и сухом субстрате. Количество панцирных клещей в июле и октябре изменялась, соответственно, 33,1 экз. на пробу, плотность – 13240 экз./м², 36 видов и 35,9 экз. на пробу, плотность – 14360 экз./м², 17 видов. Как видно в октябре средняя плотность выше, а видовой состав в 2,1 раза меньше, что очевидно связано не только с изменением микроклиматических условий биотопа, но и биологических особенностей каждого вида орибатид. Число доминантов варьировало, по 5 – в октябре и ноябре, 4 и 3 – в июле и августе. В процентном отношении к общему числу собранных педобионтов панцирные клещи были минимальны в июле – 28,12% (331 экз.), в августе, октябре и ноябре их доля увеличивается, соответственно, 52,29% (217 экз.), 52,03% (359 экз.), 54,47% (481 экз.)

На стационарном участке лесопосадки отмечено резкое изменение численности панцирных клещей по сезонам года (на графике (см. рис. 2) представлено ломанной кривой). Отмечено 2 пика численности: небольшой – в августе (78,5 экз. на пробу, плотность – 31400 экз./м², 27 видов) и высокий – в ноябре (139,8 экз. на пробу, плотность – 55920 экз./м², 28 видов), обусловленные высокой численностью доминирующих и часто встречаемых видов. Минимум отмечен в июле (70,4 экз. на пробу, плотность – 28160 экз./м², 25 видов) и в октябре (40,0 экз. на пробу, плотность – 16000 экз./м², 22 вида). В биотопе лесного характера численность клещей значительно варьирует, имеет один общий пик со степным стационаром в ноябре. В августе в степи наблюдаем снижение численности орибатид, а в лесопосадке наоборот, повышение их количества, что обусловлено микроклиматическими условиями в поверхностном слое почвы и различием фитоценоза. Число доминантов варьировало от 3 (июль) до 6 (октябрь), в августе и ноябре – по 4 вида. Процентное соотношение панцирных клещей по отношению к общему числу учтенных почвообитателей довольно высокое и составило 68,55% (июль – 704 экз.), 81,43% (август – 785 экз.), 89,89% (октябрь – 400 экз.), 74,09% (ноябрь – 1398 экз.). Как видно панцирные клещи среди почвенных членистоногих занимают одно из ведущих мест, и как доминирующая группа резко проявляет чувствительность к изменениям микроклиматических условий в биотопе и другим влияниям антропогенного характера.

Иная картина изменения численности панцирных клещей проявляется на пойменном лугу в рекреационной зоне, что обусловлено небольшой их численностью, видовым составом и процентным соотношением к общему числу педобионтов. Стационар расположен в 15 м от водохранилища с дернистой песчаной почвой и 100% проективным покрытием злаковых и луговой растительностью. В летний период поверхностный слой сухой, плотный, в осенний – мягкий и влажный. На лугу отмечено постепенное увеличение численности панцирных клещей от июля (минимум) до ноября (максимум) (см. рис. 2). По месяцам численность изменялась следующим образом: в июне собрано минимальное количество клещей – 44 экз. (10,58%), плотность – 1760 экз./м², 12 видов; в августе их количество увеличивается до 89 экз. (33,97%), плотность – 3560 экз./м², 14 видов; в октябре количество клещей увеличивается в 1,3 раза по сравнению с августом – 117 экз. (33,24%), плотность – 4680 экз./м², 12 видов; в ноябре отмечен максимум – 157 экз. (12,16%), плотность – 6280 экз./м², 20 видов. Количество доминантов изменялось от 3 (октябрь) до 7 (август), в остальной период – по 4 вида.

Таким образом, в различных стационарах численность панцирных клещей по сезонам года резко варьирует в летние и осенние месяцы с одним общим пиком в ноябре и минимумом в июне, что в целом характерно для степной зоны и, в частности, для Донецкого региона [6, 8].

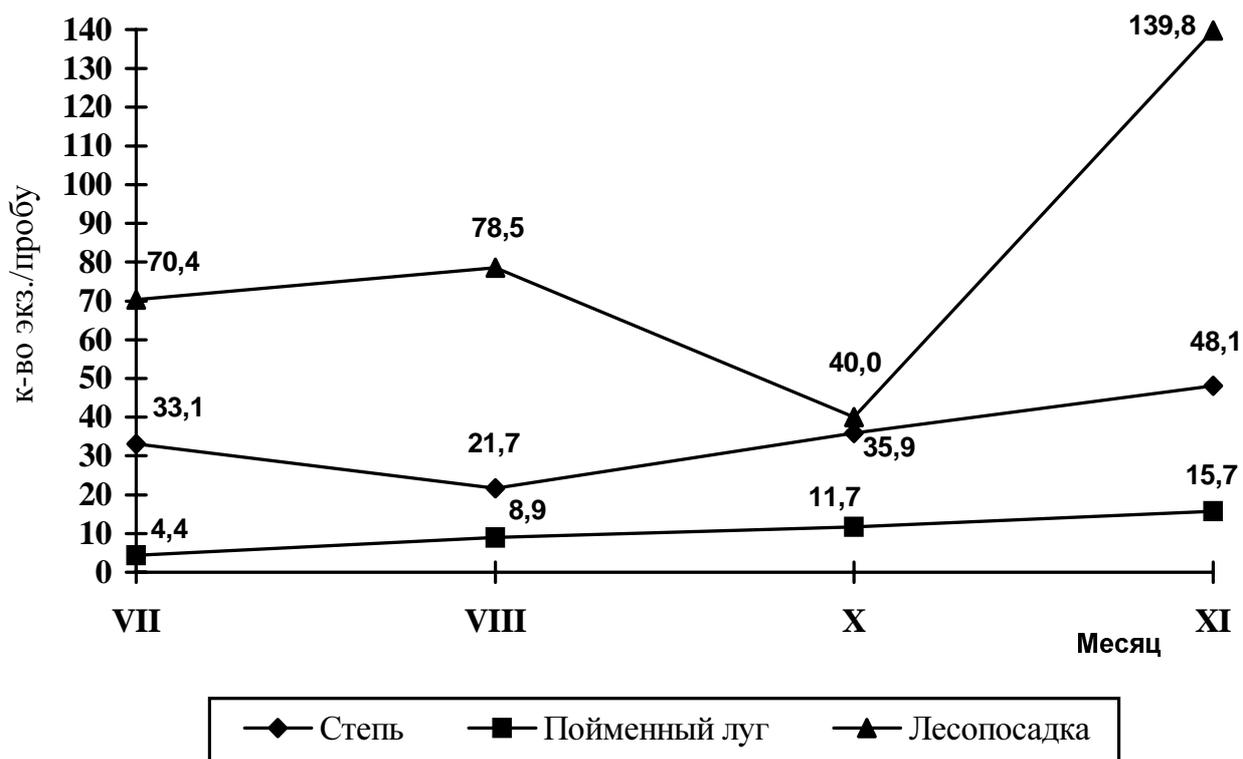


Рис. 2. Динамика численности панцирных клещей в условиях регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" Донецкой области (2005 г.)

Выводы

На протяжении четырех месяцев (июль, август, октябрь, ноябрь 2005 г.) из 140 почвенных проб в четырех биотопах РЛП "Клебан-Бык" извлечено 6222 экз. панцирных клещей (53,20%) со средней плотностью населения 17776 экз./м².

Впервые на территории РЛП "Клебан-Бык" обнаружено 104 вида панцирных клещей, относящихся к 58 родам и 36 семействам. Из них 14 видов известны как промежуточные хозяева ленточных червей из семейства Anoplocephalidae.

Для фауны Донецкой области впервые отмечены 7 видов: *Malacothrus pigmeus* Aoki, *Nanhermannia coronata* Berl., *Hermanniella serrata* Sitnikova, *Litholesetus altudines* Gr., *Liacarus lencoranicus* D. Kriv., *Trichoribates punctatus* Schald., *Galumna alata* (Herm.).

Для исследуемых биотопов характерны 4 доминанта: *Schelorbates latipes* (Koch) – 8,50% (529 экз.), *Sch. laevigatus* (Koch) – 5,38% (335 экз.), *Pubctoribates zachvatkini* Schald. – 20,38% (1268 экз.), *Pilogalumna allifera* (Oudms.) – 5,67% (353 экз.). Часто встречались 5 и редко – 95 видов орибатид.

Для каждого исследуемого биотопа характерен определенный видовой состав и численность панцирных клещей. Например, в облесенном овраге отмечена высокая численность клещей – 1140 экз., плотность – 22800 экз./м² с максимальным видовым спектром – 59. Из них доминировали 5 и часто встречались 9 видов, составившие основу численности популяции орибатид. В лесопосадке видовой состав значительно меньший (40 видов), но с высокой численностью – 3287 экз., плотность – 32870 экз./м². Доминировали 4 и часто встречались 6 видов орибатид. В петрофитной целинной степи панцирных клещей обнаружено несколько меньше – 1388 экз., плотность – 13880 экз./м², но с большим видовым составом – 51 (доминирующих – 5 и часто встречаемых – 2 вида). На пойменном лугу, подверженном антропогенному воздействию, почвенных клещей-орибатид собрано значительно меньше – 407 экз., плотность населения низкая – 4070 экз./м², видовое богатство – минимальное – 26 (доминирующих – 5, часто встречаемых – 8 видов). Следует отметить, что при малом видовом богатстве увеличивается число доминирующих и часто встречаемых

видов. Сезонная численность резко варьирует в трех стационарах. Отмечен один общий пик численности в ноябре, минимум – в июле, в лесопосадке также наблюдается октябрьский минимум, что характерно для биотопов Донецкой области [6, 7]. В исследуемых биотопах РЛП "Клебан-Бык" отмечено высокое видовое разнообразие (104), что в целом характерно для заповедных территорий Донбасса [7, 8].

Список литературы

1. Беклемішев В.Н. Термины и понятия, необходимые при количественном изучении популяций эктопаразитов и нидиколов // Зоол. журн. – 1961. – 40, вып. 2. – С. 143-158.
2. Буланова-Захваткина Е.М. Панцирные клещи-орибатиды. – М.: Высш. шк., 1967. – 254 с.
3. Гиляров М.С. Зоологический метод диагностики почв. – М.: Наука, 1965. – 278 с.
4. Сергиенко Г.Д. Фауна Украины. Низшие оribатиды. – К.: Наук. думка, 1994. – Т. 25, вып. 21. – 203 с.
5. Фасулати К.К. Полевое изучение наземных беспозвоночных. – М.: Высш. шк., 1971. – 424 с.
6. Ярошенко Н.Н. Оribатидные клещи (Acariformes, Oribatei) естественных экосистем Украины. – Донецк: ДонНУ, 2000. – 313 с.
7. Ярошенко Н.Н. Популяционный спектр и обилие панцирных клещей и других педобиионтов регионального ландшафтного парка "Клебан-Бык" (Украина: Донецкая область) // Мат. IX Междунар. науч.-практ. экол. конф. "Современные проблемы популяционной экологии" (г. Белгород, 2-5 октября 2006 г.). – Белгород, 2006. – С. 237-239.
8. Ярошенко Н.Н., Штирц А.Д. Панцирные клещи (Acariformes, Oribatei) и другие почвообитатели памятника природы "Истоки Кальмиуса". – Донецк: Норд, 2006. – 155 с.

Ярошенко М.М. Панцирні кліщі регіонального ландшафтного парку "Клебан-Бик" Донецької області. – У результаті дослідів уперше в РЛП "Клебан-Бик" виявлено 104 види панцирних кліщів, 58 родів, 36 родин з середньою щільністю населення 17776 екз./м², які складають 53,20% від загальної кількості облічених педобіонтів. Для досліджених 4 біотопів характерні 4 доміанти: *Shelorbitates latipes* (Koch), *Sch. laevigatus* (Koch), *Punctoribates zachvatkini* Schald., *Pilogalumna allifera* (Oudms.). Видовий спектр максимальний у залісеному ярі (59), у цілинному петрофітному степу – 51, лісопосадці – 40 і мінімальний – на заплавному лузі в рекреаційній зоні (26). Відповідно їх щільність складає 22800-32870-13880-4070 екз./м². Сезонна чисельність панцирних кліщів у трьох біотопах, за винятком яра, різко варіює. У трьох біотопах відзначений загальний пік чисельності в листопаді, мінімум – у жовтні (лісопосадка), серпні (цілинний петрофітний степ) і липні (заплавний лук у рекреаційній зоні).

Ключові слова: панцирні кліщі, оribатиди, біотоп, щільність, доміанти.

Yaroshenko N.N. Oribatid mites of the regional landscape park "Kleban-Byk" of the Donetsk region. – As a result of studies, for the first time in the RLP "Kleban-Byk" we discovered 104 species of oribatid mites, 58 genera, 36 families with average density 17776 ex./m², forming 53,20% from the total number taken paedobionts. For considered biotopes the 4 dominants are characteristic: *Shelorbitates latipes* (Koch), *Sch. laevigatus* (Koch), *Punctoribates zachvatkini* Schald., *Pilogalumna allifera* (Oudms.). The specific spectrum is maximum in woody ravine (59), virgin petrophytous steppe (51), secondary forest (40), and it is minimum in poima meadow in recreation zone (26). Accordingly, their density has formed 22800-32870-13880-4070 ex./m². The seasonal number of oribatid mites in three biotopes, with the exclusion of ravine, sharply varies. In three biotopes we noted general peak of number at November, minimum – at October (secondary forest), August (virgin petrophytous steppe), July (poima meadow in recreation zone).

Key words: oribatid mites, oribatids, biotope, density, dominants.

УДК 632.4

Е.В. Ветрова, И.Ю. Руденко

ВЛИЯНИЕ РАЗНЫХ ШТАММОВ КОРНЕВОЙ ГУБКИ НА НЕКОТОРЫЕ ФИЗИОЛОГО-БИОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ *PINUS SYLVESTRIS* L.

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Ветрова Е.В., Руденко И.Ю. Влияние разных штаммов корневой губки на некоторые физиолого-биохимические показатели *Pinus sylvestris* L. – Объектами исследований были проростки сосны обыкновенной, инфицированные разными штаммами *H. annosum*. Изучено изменение активности каталазы в динамике и содержание разных фракций белков в проростках под влиянием инфекции корневой губки. Показано различие штаммов *H. annosum* по содержанию фенолов и меланинов.

Ключевые слова: каталаза, альбумины, глобулины, проламины, глютелины, меланины, штамм, инфекция.

Введение

Вызываемая корневой губкой (*Heterobasidion annosum* (Fries) Bref) пестрая гниль носит характер эпифитотий и вызывает гибель древостоев, снижая их продуктивность, приводя к обесцениванию древесины, дополнительным затратам на проведение сплошных санитарных рубок и лесовозобновление [2, 6, 7, 10, 14, 15]. Ее патогенность, способность переходить от сапрофитного образа жизни к паразитическому типу питания на древесных и даже однолетних растениях, создают трудности в осуществлении эффективных мер борьбы с ней, разработка которых должна основываться на более полном познании ее инфекционных особенностей и биологии [2, 8].

Поэтому изучение биологических особенностей штаммов патогена, обладающих сильной вирулентностью и высокой приспособленностью к широкому диапазону экологических факторов, познание характерных особенностей поражения ими различных хвойных пород и изыскание эффективных мер борьбы с ними, представляет актуальную проблему. Фенольные соединения привлекают внимание ученых как биологически активные вещества, обладающие антиоксидантными свойствами, органические соединения, способные к обратимому окислению и восстановлению. Для грибов – возбудителей белой, а также пестрой гнили, каковой есть корневая губка, характерен особый способ образования фенольных соединений. Он заключается в использовании строительных единиц лигнина, ароматические ядра которых гриб получает в готовом виде [11].

Целью нашей работы было изучение влияния разных штаммов корневой губки на активность каталазы, содержание легкорастворимых белков в проростках сосны обыкновенной и сравнение этих штаммов по содержанию меланинов и фенольных веществ как факторов патогенности.

Материал и методы исследований

Объектами исследований были проростки сосны обыкновенной разных возрастов (5, 10, 15, 20, 25-суточные), выращенные в пробирках в стерильных условиях на среде Чапека-Докса с исключением высокой концентрации глюкозы. На двадцатые сутки культивирования при достижении проростками высоты 10-12 мм их инокулировали штаммами НА-5.96 и НА-6.96 *H. annosum* из коллекции кафедры физиологии растений.

Содержание каталазы определяли по Починку на 10, 15 и 20-е сутки [12]. Активность каталазы рассчитывали в мкмоль перекиси водорода, разложенной 1 г растительного материала в течение 1 мин. (у.е.) [5].

Для выяснения степени использования патогеном отдельных фракций белков растения-хозяина во время инфекции мы проводили определение их содержания поэтапно, извлекая их вначале дистиллированной водой – альбумины, затем 10%-м раствором хлористого натрия – глобулины, далее 70%-м этиловым спиртом – проламины и, наконец, 0,2%-м

раствором едкого натра – глютелины. Содержание белков находили спектрофотометрическим методом [5].

Для определения фенольных веществ использовали титриметрический метод [4]. Содержание меланинов определяли фотометрическим методом [1], в качестве рабочего раствора для построения калибровочного графика использовали 0,02%-й раствор пирокатехина.

Полученные цифровые данные статистически обработаны при помощи дисперсионного анализа. Для сравнения средних арифметических использовали метод Дункана [14].

Результаты и обсуждение

Активность каталазы – важный показатель физиологических процессов, так как этот фермент играет большую роль в дыхании. Изучали степень влияния двух штаммов корневой губки на каталазную активность проростков сосны обыкновенной в разном возрасте. Данные, полученные в результате опыта, показаны на рис. 1.

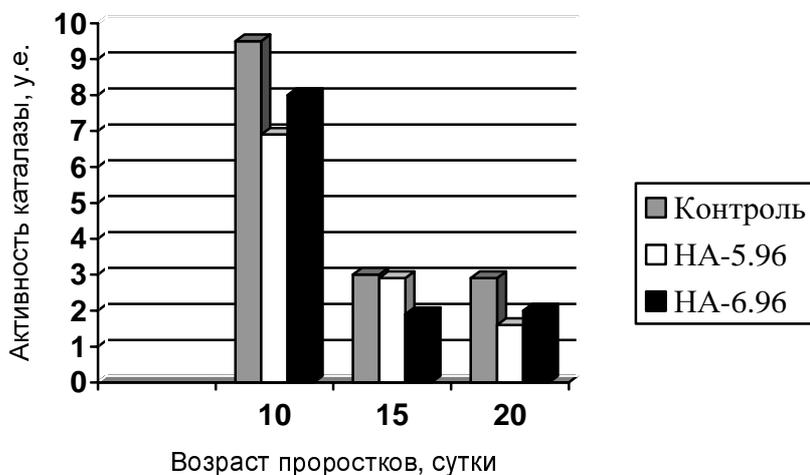


Рис. 1. Влияние *H. annosum* на каталазную активность проростков сосны обыкновенной

В результате исследований было обнаружено, что в здоровых проростках сосны с возрастом активность каталазы уменьшается. На 10-е сутки активность данного фермента равнялась $9,38 \pm 0,23$ у.е., на 15-е сутки – $3,67 \pm 0,21$ у.е., а на 20-е – $3,20 \pm 0,12$ у.е., что характеризует уменьшение активности в 3,5 раза и 4,5 раза соответственно по сравнению с 10-ми сутками.

Под влиянием инфекции активность каталазы проростков сосны значительно снижается, что согласуется с литературными данными, полученными в работе с другими штаммами патогена [10]. В данном опыте проявилась штаммовая разнокачественность корневой губки. Так, штамм НА-5.96 патогена в большей степени оказывает влияние на активность данного фермента в проростках. На 10-е сутки активность каталазы под влиянием этого штамма достоверно снизилась в 1,4 раза, а на 15-е – в 1,2 раза, на 20-е уже в 3,9 раза по сравнению со здоровыми проростками. У проростков, пораженных штаммом НА-6.96, каталазная активность падает в 1,2 раза на 10-е сутки опыта, в 1,6 – на 15-е и в 1,4 – на 20-е сутки по сравнению с контролем.

Как известно, ферментативные системы изменяют свою активность уже на начальных этапах формирования взаимоотношений в системе патоген-растение-хозяин [2]. Как видим, инфицированные проростки уже на десятые сутки заражения снижают активность фермента, что свидетельствует о падении уровня дыхания проростков.

Уменьшение каталазной активности в проростках с возрастом может привести к замедлению синтетических процессов, так как на биосинтез органических веществ

затрачивается энергия, высвобождаемая при дыхании. Важными структурными компонентами растительных организмов являются белки. Особый интерес представляло изучение влияния инфекции на белковый обмен растения-хозяина.

На рис. 2 показано содержание разных фракций белков (% к сухой массе) в здоровых проростках сосны обыкновенной в зависимости от возраста. Наибольшее количество составили альбумины: 7,3% на 10-е сутки, 13,7% – на 15-е и 7,9% – на 20-е сутки опыта. К тому же, содержание альбуминов в 15-суточных проростках увеличилось почти в 2 раза по сравнению с 10-суточными. На 20-е сутки опыта их количество падает в 1,7 раза.

На втором месте по содержанию простых белков оказались глобулины. Их количество на 10-е сутки достоверно превзошло содержание альбуминов (9,3%). На 15-е сутки их количество достоверно не изменилось в сравнении с 10-суточными (допуск Дункана составил 1,546), а на 20-е наблюдалось резкое их снижение в 5,7 раз по сравнению с 15-ми сутками.

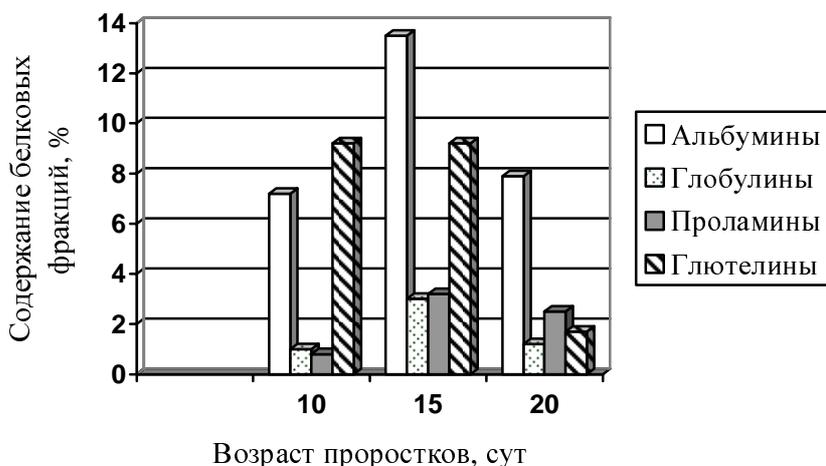


Рис. 2. Содержание различных фракций белков в здоровых проростках сосны обыкновенной

Достоверных различий в содержании проламинов и глобулинов на 10, 15 и на 20-е сутки не обнаружено (допуски Дункана составили 1,546, 1,546 и 1,625 соответственно). На 15-е сутки содержание этих белков резко увеличивалось. Так, содержание глобулинов увеличилось в 3,2 раза, а проламинов в 4,3 раза по сравнению с 10-ми сутками. К 20-м суткам содержание глобулинов снизилось в 2,6 раза по сравнению с 15-ми сутками, а содержание проламинов достоверно не изменилось.

Инфекция достоверно снижает содержание всех белковых фракций в проростках сосны. Из рис. 3 видно, что под влиянием инфекции содержание альбуминов снижается более значительно, чем других фракций белков. Штамм НА-5.96 снижает количество этих белков интенсивнее, чем штамм НА-6.96. Так, на 10-е сутки содержание альбуминов в проростках *P. sylvestris* под влиянием инфекции НА-5.96 снизилось в 3,1 раза, на 15-е сутки уже в 6,9 раз и на 20-е сутки всего лишь в 1,8 раз. Под влиянием инфекции НА-6.96 содержание альбуминов в проростках сосны на 10-е сутки уменьшилось в 2,4 раза, на 15-е сутки в 3 раза, а на 20-е сутки – в 1,5 раза.

По-видимому, водорастворимые белки используются патогеном в первую очередь как источник азотного питания.

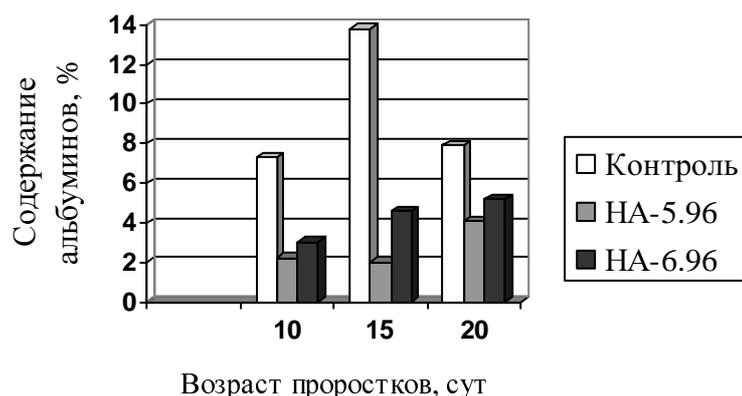


Рис. 3. Влияние инфекции на содержание альбуминов в проростках сосны обыкновенной в динамике

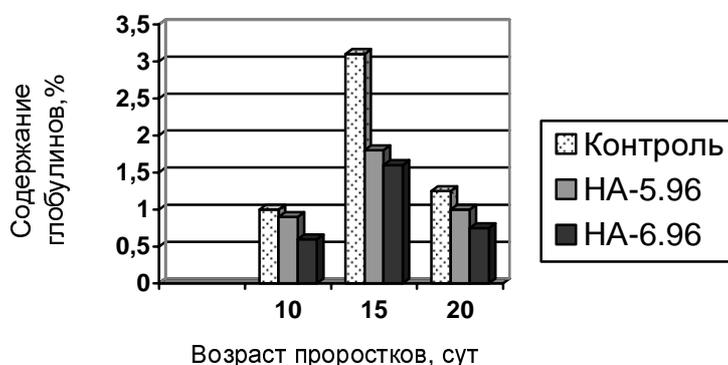


Рис. 4. Влияние инфекции на содержание глобулинов в проростках *P. sylvestris*

Содержание глобулинов в проростках сосны обыкновенной изменяется под влиянием инфекции *H. annosum* в незначительной степени, что показано на рис.4. На 10-е и 20-е сутки достоверного влияния инфекции *H. annosum* не выявлено. Содержание глобулинов в проростках сосны, инфицированных HA-5.96, на 10-е сутки составило $1,0 \pm 0,12\%$, а в инфицированных штаммом HA-6.96 – $0,63 \pm 0,31\%$ в сравнении со здоровыми проростками ($0,97 \pm 0,45\%$). На 20-е сутки количество данных белков в проростках, инфицированных HA-5.96 составило $0,96 \pm 0,07\%$, а под влиянием HA-6.96 – $0,75 \pm 0,23\%$ в сравнении со здоровыми – $1,20 \pm 0,11\%$. Достоверное снижение содержания глобулинов наблюдается лишь на 15-е сутки. В данном возрасте количество глобулинов уменьшается в результате патогенеза HA-5.96 в 1,7 раза, а под влиянием HA-6.96 – в 1,9 раза.

Это свидетельствует о том, что патоген активно использует данную фракцию белков растения-хозяина на 15-е сутки.

Штаммовых различий в изменении содержания проламинов в проростках сосны под влиянием инфекции корневой губки также не было обнаружено. Из рис. 5 видно, что содержание проламинов в 10-суточных проростках достоверно не изменилось под влиянием инфекции *H. annosum*. На 15-е сутки содержание проламинов под действием штамма HA-5.96 уменьшается в 1,3 раза, а на 20-е – в 2,6 по сравнению со здоровыми проростками. Штамм HA-6.96 не оказал достоверного влияния на содержание данной фракции белков в проростках сосны на протяжении всего опыта. Таким образом, штамм HA-5.96 корневой губки в большей степени использует проламины сосны на 15 и 20-е сутки, чем штамм HA-6.96.

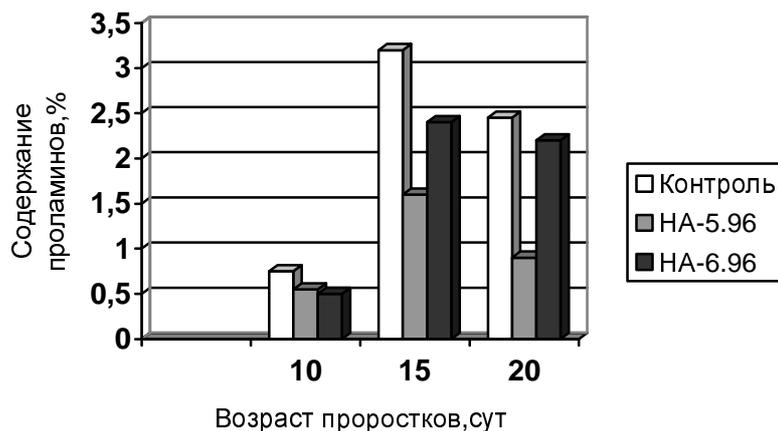


Рис. 5. Влияние инфекции на содержание проламинов в проростках *P. sylvestris*

Содержание глютелинов в проростках сосны снижается достоверно на 10 и 15-е сутки, что показано на рис. 6. К тому же, на 10-е сутки содержание данного белка достоверно снижается под влиянием инфекции HA-5.96 в 1,6 раза, а на 15-е – под влиянием HA-6.96 в 2,3 раза. На 20-е сутки не наблюдалось достоверного различия по влиянию на содержание глютелинов ни у одного из штаммов. Данный показатель равнялся для штамма HA-5.96 – $1,11 \pm 0,12\%$, а для штамма HA-6.96 – $0,65 \pm 0,10\%$ по сравнению со здоровыми проростками $1,63 \pm 0,21\%$.

Эти данные свидетельствуют о том, что в первую очередь патогеном используются водорастворимые белки (альбумины), так как они более доступны в качестве питательного материала. В дальнейшем идет усвоение глютелинов, затем глобулинов и проламинов.

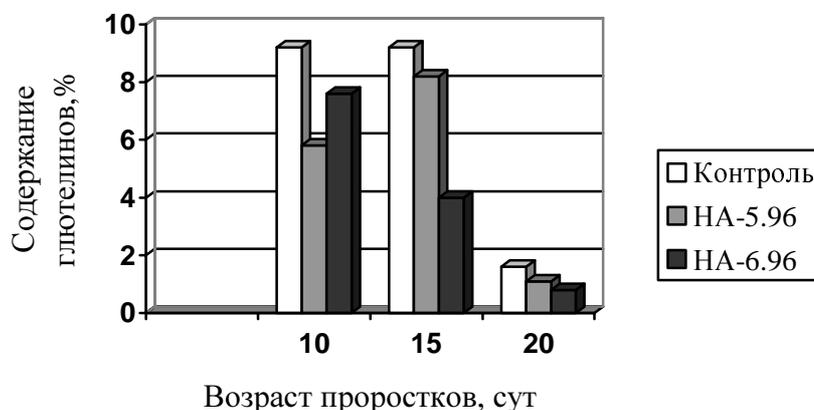


Рис. 6. Влияние инфекции на содержание глютелинов в проростках сосны обыкновенной

Следует заметить, что на 15-е сутки инфекция корневой губки усиливается и идет более интенсивное потребление белков в сравнении с 10-ми сутками. К 20-м суткам интенсивность потребления белков снижается, по-видимому, из-за уменьшения ферментативной активности гриба и наличием других источников азотного питания благодаря гидролизу азотсодержащих соединений.

Характер влияния и степень воздействия патогена на растение-хозяина зависит от биологических особенностей растения и возбудителя болезни, а также от условий внешней среды [2, 3, 7, 9]. Обнаруженное достоверно большее воздействие штамма HA-5.96 по

сравнению с НА-6.96 корневой губки на каталазную активность проростков сосны и на содержание альбуминов в них свидетельствует о физиологической разнокачественности изученных штаммов. Важным фактором патогенности грибов является состав и содержание фенольных веществ [11]. Для выяснения физиологических особенностей исследуемые штаммы корневой губки сравнивались по содержанию суммы фенольных веществ и содержанию меланинов в динамике.

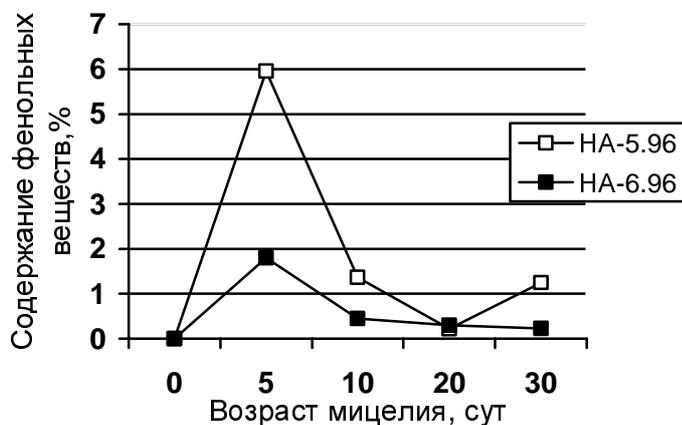


Рис. 7. Содержание фенольных веществ в штаммах *H. annosum* в динамике

В результате проведенных исследований было установлено, что на содержание фенольных веществ влияет как возраст, так и штамм гриба. Как видно из рис. 7, содержание фенольных веществ у штамма НА-6.96 достоверно изменялось в каждом исследуемом возрасте (5, 10, 20 и 30-е сутки). Так, их количество в данном штамме на 5-е сутки составило $1,80 \pm 0,34$ %. На 10, 20 и 30-е сутки отмечено снижение содержания фенольных веществ приблизительно в 4, 6 и 8 раз соответственно по сравнению с 5-ми сутками. Для штамма НА-5.96 также характерно уменьшение содержания фенольных соединений с возрастом: на 5-е сутки их количество составило $5,96 \pm 1,19$ %, на 10-е – $1,37 \pm 0,04$ %, на 20-е – $0,22 \pm 0,04$ % и на 30-е – $1,25 \pm 0,08$ %. Но в данном штамме отмечено более высокое падение их концентрации. На 20-е сутки отмечено уменьшение их количества в 27 раз по сравнению с 5-ми сутками.

Содержание фенолов в мицелии штамма НА-5.96 *H. annosum* выше, чем у штамма НА-6.96 в 3,3 раза на 5-е сутки культивирования, в 3 раза – на 10-е и в 5 раз – на 30-е сутки. В 20-суточном мицелии обоих штаммов содержание фенольных веществ одинаковое (допуск Дункана составил 1,082).

При изучении содержания меланинов в мицелии исследуемых штаммов корневой губки в динамике выяснилось, что их количество возрастает, особенно с 10-х суток и далее, т.е. когда содержание фенолов снижается. Очевидно, фенолы используются на синтез меланинов (рис. 8).

Как видим, штаммовая разнокачественность имеет место и в этом случае: у штамма НА-5.96 наблюдается более резкое повышение содержания меланинов к 15-м суткам (в 2,8 раза по сравнению с 10-суточным мицелием) и незначительное их снижение к 25-м суткам. У штамма НА-6.96 наблюдаем их повышение к 15-м суткам (в 2,2 раза по сравнению с 10-суточным мицелием) и к 25-м суткам (в 2,1 раза по сравнению с 20-ми сутками).

В целом отмечается увеличение количества меланинов в мицелии корневой губки с возрастом: с 10-х по 25 сутки культивирования мицелия у штамма НА-5.96 – в 2,8 раза; у штамма НА-6.96 – в 4,5 раза. При этом штаммовые различия по этому признаку достоверны в 15, 20 и 25-суточном мицелии.

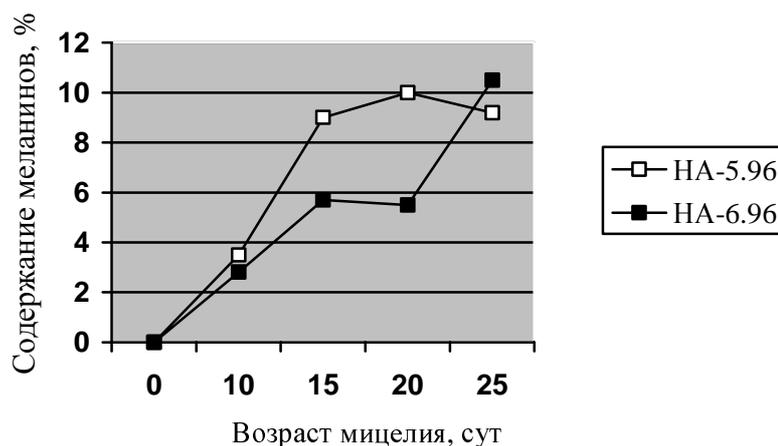


Рис. 8. Содержание меланинов в различных штаммах *H. annosum* в динамике

Выводы

1. В здоровых проростках сосны обыкновенной с возрастом активность каталазы уменьшается. Инфекция корневой губки ускоряет этот процесс. В большей степени снижает активность фермента штамм HA-5.96 корневой губки.

2. Наиболее богаты проростки сосны обыкновенной альбуминами (13,7% сухого веса) и глютелинами (9,3%) на 15-е сутки культивирования. Инфекция *Heterobasidion annosum* приводит к уменьшению содержания всех фракций белков в проростках *Pinus sylvestris* L. В наибольшей степени снижается содержание альбуминов (под влиянием штамма HA-6.96 – в 3 раза; под влиянием штамма HA-5.96 – в 6,9 раза по сравнению с контролем).

3. Исследованные штаммы *H. annosum* отличаются по содержанию фенольных веществ в мицелии. Наибольшее количество фенольных веществ в 5-суточном мицелии корневой губки: у штамма HA-5.96 – 5,96%, у штамма HA-6.96 – 1,8%. С возрастом их содержание в мицелии падает.

4. Отмечается увеличение количества меланинов в мицелии корневой губки с возрастом: с 10-х по 25 сутки культивирования мицелия у штамма HA-5.96 – в 2,8 раза; у штамма HA-6.96 – в 4,5 раза.

5. Наибольшее воздействие на проростки сосны оказывает штамм HA-5.96 *H. annosum*.

Список литературы

1. Бабицкая В.Г., Филимонова Г.В., Григорчук Е.А., Щерба В.В. Меланиновые пигменты грибов *Raecilomyces variotii* и *Aspergillus carbonarius* // Прикл. биох. и микробиол. – 2000. – Т. 36, № 2. – С. 153-159.
2. Бойко М.И. Физиологические основы взаимоотношений в системе *Pinus sylvestris* L. – *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Праці наук. конф. ДонНУ за підсум. наук.-дослід. роботи за період 1999-2000 рр. – Донецк: ДонНУ, 2001. – С. 108-110.
3. Бойко М.И., Негруцкий С.Ф. Электрофоретическая характеристика водорастворимых белков штаммов *Fomitopsis annosa* (Fr.) Karst. // Микол. и фитопатол. – 1979. – Т. 13, № 1. – С. 57-64.
4. Бойко М.И., Фильчаков Л.П. Лабораторные работы по большому практикуму "Вещества вторичного происхождения" (для студентов специальности 2002 дневной и вечерней форм обучения). – Донецк: ДонГУ, 1984. – 26 с.
5. Бойко М.И., Запорожченко Е.В., Приседский Ю.Г. Методические указания к выполнению лабораторных работ по теме "Белковый обмен, ферменты, нуклеиновые кислоты и витамины" спецкурса "Большой практикум". – Донецк: ДонНУ, 2001. – 54 с.

6. *Василюкас А.П.* Распространение грибов *Heterobasidion annosum* и *Rhizina undulate* в насаждениях сосны горной на Куршской косе // Микол. и фитопатол. – 1999. – Т. 33, № 4. – С. 276-279.
7. *Запорожченко Е.В.* Динамика дереворазрушающей активности базидиомицета *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Праці наук. конф. ДонНУ підсум. наук.-дослід. роботи за період 1999-2000 рр. – Донецьк: ДонНУ, 2001. – С. 119-121.
8. *Кудинова О.В.* Некоторые физиолого-биохимические особенности штаммов *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. разных популяций // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2002. – № 22 (34). – С. 30-33.
9. *Кудинова О.В., Бойко М.И.* Активность каталазы проростков *Pinus sylvestris* L., инфицированных *Heterobasidion annosum* (Fr.) Bref. // Зб. наук. праць Луганського національного аграрного університету. – Луганськ: Вид-во ЛНАУ, 2001. – № 9 (21). – С. 111-115.
10. *Негруцкий С.Ф.* Корневая губка. – М.: Лесн. промышленность, 1973. – 200 с.
11. *Негруцкий С.Ф.* Физиология и биохимия низших растений: Учеб. пособ. – К.: Вища шк., 1990. – 191 с.
12. *Починок Х.М.* Методы биохимического анализа растений. – К.: Наук. думка, 1976. – 382 с.
13. *Приседський Ю.Г.* Статистична обробка результатів біологічних експериментів. – Донецьк: Кассиопея, 1999. – 210 с.
14. *Федоров Н.И.* Корневые гнили хвойных пород. – М.: Лесн. промышленность, 1984. – С. 96-99.
15. *Шевченко С.В., Цилюрик А.В.* Лесная фитопатология. – К.: Вища шк., 1986. – 384 с.

Ветрова О.В., Руденко І.Ю. Вплив різних штамів кореневої губки на деякі фізіолого-біохімічні показники *Pinus sylvestris* L. – Об'єктами досліджень були паростки сосни звичайної, інфіковані різними штамми *H. annosum*. Вивчено зміну активності каталази у динаміці та вмісту різних фракцій білків у паростках під впливом інфекції кореневої губки. Показаний вміст фенолів та меланінів у різних штамів *H. annosum*.

Ключові слова: каталаза, альбуміни, глобуліни, проламіни, глютеліни, меланіни, штам, інфекція.

Vetrova E.V., Rudenko I.Y. The influence of different strains *H. annosum* on the some physiological and biochemical characteristics of *Pinus sylvestris* L. – The objects of researches were the shoots of *Pinus sylvestris* L., infected by different strains of *H. annosum*. Change of the catalasa activity in dynamic was investigated. Infection of *H. annosum* reduces the catalasa's activity and the contents of various fractions of proteins in the shoots of *Pinus sylvestris*. The contents of phenols and melanins at a different strains *H. annosum* has been shown.

Key words: catalasa, albumins, globulins, prolamins, glutelins, melanins, strain, infection.

С.Г. Коломийчук, И.Л. Бошкова
ТЕСТИРОВАНИЕ КАЧЕСТВА СОЛОМЕННОГО СУБСТРАТА
ДЛЯ ВЫРАЩИВАНИЯ ВЕШЕНКИ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ
ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН

Одесская государственная академия холода; 65026, г. Одесса, ул. Дворянская, 1/3

Коломийчук С.Г., Бошкова И.Л. Тестирование качества соломенного субстрата для выращивания вешенки с использованием физиологических показателей прорастания семян. – Экстракт из соломенного субстрата с *Trichoderma viride* (Pers.) Fr. снижал показатели энергии прорастания и всхожести семян ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.). Обработка субстратов микроволновым полем в течение 5 мин при 700 Вт вызывала повышение энергии прорастания и всхожести семян *H. vulgare*. Результаты рекомендованы как биотест для определения зараженности субстрата фитопатогенами.

Ключевые слова: субстрат, энергия прорастания, лабораторная всхожесть, фитопатогены, микроволновое поле.

Введение

В настоящее время за рубежом и в Украине активно распространяется промышленное культивирование съедобных дереворазрушающих грибов, в частности вешенки (*Pleurotus ostreatus* (Berk) Kummer) и ши-и-таке (*Lentinula edodes* (Berk) Pegl.) [1, 2].

Использование при выращивании грибов различных субстратов, в том числе отходов сельского хозяйства растительного происхождения, увеличение спроса на грибную продукцию, а также возможность применения современных технологий в промышленном грибоводстве (интенсивный способ) с целью увеличения урожая способствуют все большей популярности промышленного культивирования дереворазрушающих грибов [1, 2].

Различные виды вешенки очень технологичны, имеют высокую скорость роста и по сравнению с шампиньонами "почти не болеют", так как имеют хорошую конкурентноспособность по отношению к вредной микрофлоре. Тем не менее они также подвержены заболеваниям, вызванными различными плесневыми грибами, вирусами и фитопатогенными бактериями. Нарушение технологического процесса приводит к поражению мицелия и плодовых тел фитопатогенами, ухудшению качества субстрата в результате его обеднения питательными веществами и насыщения продуктами их жизнедеятельности – патогенными токсинами [1, 2]. Так, в разных субстратах (кукуруза, пшеница, овес, отруби, жмыхи и др.) доля токсигенных грибов, например, продуцирующих афлатоксины, составляет от 2,8 до 94,3% [3]. Это, в свою очередь, приводит к ухудшению качества субстрата и к чрезмерному использованию антисептиков и фунгицидов для защиты культивируемых грибов [1, 2, 4], что значительно ухудшает экономические показатели при промышленном выращивании грибов.

В настоящее время проводятся исследования связанные с изучением влияния фитопатогенов и природных соединений, индуцирующих устойчивость растений к фитопатогенам и тем самым повышающих их иммунитет, на обменные процессы, структурные и функциональные свойства растительного организма [5-8]. В то же время использование биологически активных веществ с целью усиления иммунного потенциала растений, в концентрациях необходимых для ингибирования развития фитопатогена, могут приводить к нарушению физиологических функций и ингибировать ростовые процессы растений [8, 9].

Ряд исследований свидетельствуют, что использование микроволновой технологии в сельском хозяйстве достаточно эффективно [10-13], а при промышленном выращивании грибов может значительно повысить качество субстрата (улучшение структурированности, пастеризационный и стерилизационный эффекты, снижение риска загрязнения фитопатогенами и токсигенными грибами), что, в свою очередь, обеспечивает получение высококачественной экологически чистой продукции [4, 10, 14, 15].

Несмотря на достигнутые успехи в области разработки микроволновых технологий, все еще остаются вопросы требующие разрешения. В печати недостаточно полно освещена

проблема микроволновой обработки субстрата с целью повышения его качества, не в достаточной мере разработаны критерии оценки степени пригодности субстрата для использования в промышленном грибоводстве [14, 15].

В этой связи целью нашего исследования была разработка биотеста, позволяющего объективно оценить токсико-биологические показатели качества соломенного субстрата.

Задачи исследования состояли в изучении влияния экстрактов соломенного субстрата при его заражении триходермой (*Trichoderma viride* (Pers.) Fr.) и обработанного микроволновым полем на энергию прорастания и лабораторную всхожесть ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.).

Материал и методы исследований

Для исследования использовали измельченный соломенный субстрат длиной не более 5 см из зерновых культур. Субстрат массой по 400 г помещали в 4 полиэтиленовых пакета и замачивали в отстоянной воде. Через 24 часа пакеты подвешивали для того, чтобы стекла вода. Один пакет с соломенным субстратом, не подвергался никаким воздействиям (2 группа), а второй (3 группа) подвергали микроволновой обработке в течение 5 мин при 700 Вт. Оставшиеся два пакета с субстратом искусственно заражали триходермой (*Trichoderma viride* (Pers.) Fr.), из которых содержимое одного пакета в дальнейшем не подвергали воздействиям (4 группа), а второй пакет обрабатывали микроволновым полем в течение 5 мин при 700 Вт (5 группа). Исследуемый соломенный субстрат находился в помещении при комнатной температуре в течение 336 часов. Микологический анализ субстратов на предмет выявления сопутствующей патогенной инфекции не проводили.

Экстракцию веществ из субстрата исследуемых пакетов проводили в статических условиях в течение 20 часов: 250 г помещали в сосуд с определенным объемом дистиллированной воды и встряхивали через каждый час в течение 15 мин (при комнатной температуре). Через 20 часов субстрат подвергали отжиму, отфильтровывали и полученный водный экстракт использовали для исследования его влияния на энергию прорастания через 72 часа и лабораторную всхожесть через 168 часов семян ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.), сорт Дерibas. В качестве контроля использовали дистиллированную воду (группа 1). Энергию прорастания и лабораторную всхожесть *H. vulgare* исследовали в 5-и повторностях. Данные выражали в процентах и обрабатывали при помощи компьютерной программы "Statistica 5.5", используя описательную статистику ($M \pm$ стандартное отклонение), непараметрический ранговый дисперсионный анализ Краскела-Уоллиса и непараметрический тест Манна-Уитни для попарного сравнения групп [16].

Результаты и их обсуждение

При предварительном анализе полученных данных о влиянии экстрактов, полученных из соломенного субстрата при разных условиях эксперимента (группы 1-5), на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *H. vulgare*, нами, при использовании рангового дисперсионного анализа Краскела-Уоллиса и критерия χ^2 , установлено статистически достоверное различие между исследуемыми группами (см. таблицу). В связи с чем можно сделать вывод, что группы 1-5 получены из разных генеральных совокупностей с разными медианами. Поэтому был проведен попарный сравнительный анализ различий между группами 1-5 с использованием теста Манна-Уитни.

Согласно полученным данным, энергия прорастания семян *H. vulgare* в контрольной группе (группа 1) составляла $90,8 \pm 0,8\%$, а при использовании экстракта, полученного из соломенного субстрата без воздействий (группа 2) – $70,2 \pm 2,4\%$. Различия между данными групп 1 и 2 статистически достоверны по тесту Манна-Уитни ($p < 0,01$). При использовании экстракта из обработанного микроволновым полем субстрата в группе 3 энергия прорастания семян существенно повысилась до $86,4 \pm 1,7\%$ и уровень значимости как по отношению к 1, так и к 2 группе составлял $p < 0,01$. Полученный экстракт из зараженного соломенного субстрата *T. viride* (группа 4) значительно снижал показатель энергии прорастания семян до

44,4±2,7% (при сравнении с контрольной группой $p<0,01$). При использовании экстракта из обработанного соломенного субстрата *T. viride* и в последующем микроволновым полем (группа 5) энергия прорастания семян *H. vulgare* составляла 81,4±1,8% и по отношению к 1 и 4 группам $p<0,01$.

Лабораторная всхожесть семян *H. vulgare* составляла в контрольной группе 94,4±1,8% и в группе 2 – 79,4±4,0% (уровень значимости по отношению к 1 группе $p<0,01$), в группе 3 – 92,4±1,5% (при сравнении с 1 группой $p>0,05$ и 2 группой $p<0,01$). При заражении соломенного субстрата *T. viride* в 4 группе показатель всхожести семян *H. vulgare* был существенно снижен (53,8±3,0%), а при обработке микроволновым полем в 5 группе повышался в 1,6 раза по отношению к 4 группе (87,4±2,1%). Уровень значимости при сравнении групп составлял: между 1 и 4 – $p<0,01$; 1 и 5 – $p<0,01$; 4 и 5 – $p<0,01$.

Таблица 1

Влияние экстрактов из соломенного субстрата на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *H. vulgare*

Статистические показатели	№ образца	Исследуемые группы				
		1	2	3	4	5
Энергия прорастания (72 часа), %						
Тест Краскела-Уоллиса	1	91	72	89	45	82
	2	90	68	86	40	80
	3	92	70	85	46	83
	4	90	73	85	44	83
	5	91	68	87	47	79
Сумма рангов		115,0	40,0	90,0	15,0	65,0
p_1		= 0,0001				
χ^2		20,2				
p_2		= 0,0005				
Лабораторная всхожесть (168 часов), %						
Тест Краскела-Уоллиса	1	96	81	94	54	87
	2	93	75	93	50	86
	3	96	80	90	55	90
	4	92	85	92	52	89
	5	95	76	93	58	85
Сумма рангов		109,5	40,5	95,0	15,0	65,0
p_1		= 0,0002				
χ^2		20,2				
p_2		= 0,0005				

Примечание: p_1 – уровень значимости между группами при ранговом анализе вариаций по Краскелу-Уоллису; p_2 – уровень значимости между группами при использовании критерия χ^2 .

При анализе указанных эффектов следует отметить, что снижение энергии прорастания и лабораторной всхожести семян *H. vulgare* в исследуемой 2 группе относительно 1 группы, очевидно вызвано накоплением токсических веществ при инкубации влажного субстрата (при комнатной температуре) в течение 336 часов вследствие его изначальной эндогенной инфицированностью микроскопическими грибами [3, 15]. Повышение исследуемых показателей при использовании экстракта после микроволновой обработки субстрата в 3 группе обусловлено его стерилизующим действием, что, в свою очередь, подтверждает факт: исходный субстрат был относительно "чист" и уровень патогенных токсинов как в исходном субстрате, так и в полученном экстракте низкий. Заражение субстрата *T. viride* вызвало

значительное снижение показателей энергии прорастания и лабораторной всхожести *H. vulgare* в 4 группе, что определяется токсическим действием накопленных веществ в течение инкубации (336 часов), находящихся в экстракте. Обработка микроволновым полем зараженного *T. viride* субстрата в 5 группе достоверно повышала уровень исследуемых показателей. Полученный результат, очевидно, обусловлен частичным угнетением развития *T. viride* при обработке микроволновым полем в данном режиме.

В целом полученные результаты свидетельствуют о достаточной эффективности микроволновой обработки соломенного субстрата в случае его инфицирования фитопатогенами, а повышение показателей энергии прорастания и лабораторной всхожести *H. vulgare* в зависимости от условий эксперимента свидетельствует о возможности использовать этот тест для определения степени насыщенности субстрата токсичными для семян веществами.

Выводы

1. У экстракта, полученного из соломенного субстрата (группа 2), отмечалось угнетающее действие на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *H. vulgare*, что очевидно обусловлено наличием фитопатогенной микрофлоры у исходного сырья.

2. Экстракты соломенного субстрата подвергнутые заражению *T. viride* триходермой (группа 4), в отличие от незараженных (группа 2), имели выраженное токсическое действие, которое проявлялось в значительном снижении энергии прорастания и лабораторной всхожести семян *H. vulgare*.

3. Обработка соломенного субстрата (как с заражением *T. viride*, так и без заражения) микроволновым полем в заданном режиме существенно снижает токсическое действие полученных экстрактов на энергию прорастания и лабораторную всхожесть семян *H. vulgare*.

4. Исследование влияния полученных экстрактов на прорастание семян *H. vulgare* можно считать достаточно эффективным биотестом для определения степени зараженности соломенного субстрата фитопатогенами.

Работа выполнена в рамках проекта №3141 УНТЦ.

Список литературы

1. Билай В., Бисько Н. Грибы // Огородник плюс. – 2000. – № 11. – 30 с.
2. Дудка И.А. Культивирование съедобных грибов. – К.: Урожай, 1992. – С. 12-24.
3. Воробьева А. С. Распространенность афлатоксинообразующих грибов в сырье и комбикормах // В сб. "Хранение и качество сырья и комбикормов". – М.: ЦНИИТЭИ Минзага, 1985. – Вып. 27. – С. 16-18.
4. Коломійчук С.Г., Бошкова І.Л., Калінін Л.Г., Бошкова О.Л. Перспективи впровадження мікрохвильової технології до промислового вирощування грибів // У зб. "Обладнання та технології харчових виробництв". – Вип. 13, т. 2. – Донецьк: ДонДУЕТ, 2005. – С. 170-177.
5. Ryals I., Uknes S., Ward E. Systemic acquired resistance // Plant Physiol. – 1994. – 104, № 4. – P. 1109-1112.
6. O'Donnell P.J., Schmelz E., Block A. et al. Multiple hormones act sequentially to mediate a susceptible tomato pathogen defense response // Plant Physiol. – 2003. – 133, № 3. – P. 1181-1189.
7. Wilson T.J.G., Thomsen K.K., Petersen B.O. et al. Detection of 3-hydroxykynurenine in a plant pathogenic fungus // Biochem. J. – 2003. – V. 371, № 5. – P. 783-788.
8. Крючкова Л.А., Маковейчук Т.И., Яворская В.К., Курчий Б.А. Содержание салициловой кислоты в листьях проростков озимой пшеницы различной устойчивости к фитопатогенам // Физиология и биохимия культурных растений. – 2006. – Т. 38, № 1. – С. 45-52.

9. *Kapulnik Y., Yalpani N., Raskin I.* Salicylic acid induces cyanide – resistance respiration in tobacco cell suspension culture // *Plant Physiol.* – 1992. – V. 100, № 1. – P. 1921-1926.
10. *Rai S., Singh U.P., Mishra G.D.* Effect of waters microwave power density memory on fungal spore germination // *Electro- and Magnetobiology.* – 1994. – V. 13, № 3. – P. 247-252.
11. *Полевик Н.Д., Изаков Ф.Я., Николаев Н.Н., Карелин А.В.* Предпосадочная обработка клубней картофеля энергией СВЧ. // В сб. "Микроволновые технологии в народном хозяйстве. Внедрение. Проблемы. Перспективы". – Одесса: ОКФА, 1996. – С. 42-45.
12. *Калінін Л.Г., Тучний В.П., Левченко Є.А., Бабаянц О.В.* Вплив мікрохвильового поля на фітопатогени – збудники основних захворювань насіння злаків і соняшнику // У зб. "Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи". – Київ-Одеса: ТЕС, 2000. – Вип. 2-3. – С. 73-77.
13. *Калінін Л.Г., Тучний В.П., Левченко Є.А. та ін.* Технологія мікрохвильової обробки насіння сільськогосподарських культур. – К.: Аграрна наука, 2003. – 46 с.
14. *Бабаянц О.В., Мирось С.Л.* Перспективы применения МВ-обработок в промышленном грибоводстве // В зб. "Мікрохвильові технології в народному господарстві. Втілення. Проблеми. Перспективи". – Київ-Одеса: ТЕС, 2000. – Вип. 2-3. – С. 82-83.
15. *Коломійчук С.Г., Бошков Л.З., Тучный В.В.* О возможности использования микроволновых технологий для повышения качества субстрата из пшеничной соломы при промышленном выращивании грибов // *Лидер Украины.* – 2006. – № 50. – С. 136-137.
16. *Боровиков В.* Statistica. Искусство анализа данных на компьютере: Для профессионалов. – СПб.: Питер, 2003. – 688 с.

Коломійчук С.Г., Бошкова І.Л. Тестування якості солом'яного субстрату для вирощування гливи з використанням фізіологічних показників пророщування насіння. – Екстракт із солом'яного субстрату з *Trichoderma viride* (Pers.) Fr. знижував показники енергії проростання та схожість насіння ярого ячменю (*Hordeum vulgare* L.). Обробка субстратів мікрохвильовим полем протягом 5 хв при 700 Вт викликала підвищення енергії проростання і всхожості насіння *H. vulgare*. Результати запропоновані як біотест для визначення забрудненості субстрата фітопатогенами.

Ключові слова: субстрат, енергія проростання, лабораторна всхожість, фітопатогени, мікрохвильове поле.

Kolomiuchuk S.G., Boshkova I.L. Testing of quality straw substrat for cultivation of *Pleurotus* with use of physiological parameters of seeds germination. – Extract from straw substratum with *Trichoderma viride* (Pers). Fr. reduced parameters of energy of germination and всхожести семян of summer barley (*Hordeum vulgare* L.). The processing of substratum by a microwave field during 5 mines at 700 W caused increase of energy of germination and germinating capacity *H. vulgare*. The results are recommended as the biotest for definition of substratum infection.

Key words: substratum, energy of germination, laboratory germinating capacity, phyto-pathogene, microwave field.

Т.Є. Христова

ГЕНЕЗИС ДОСЛІДЖЕНЬ ПОСУХОСТІЙКОСТІ РОСЛИН В УКРАЇНІ

*Київський національний університет ім. Т. Шевченка; 01033, м. Київ, вул. Володимирська, 64
e-mail: Diser03@rambler.ru*

Христова Т.Є. Генезис досліджень посухостійкості рослин в Україні. – Аналізується еволюція досліджень посухостійкості рослин в Україні. Намічено етапи становлення вчення про стійкість рослин до посухи. Підкреслено вагомий внесок вітчизняних вчених у розробку окремих аспектів даної проблеми.

Ключові слова: фізіологія рослин, посухостійкість, генезис досліджень, персоналії.

На XVII Міжнародному ботанічному конгресі (МБК), який проходив 17-23 липня 2005 р. у м. Відні відмічалось, що сучасна фізіологія рослин, як мультидисциплінарна наука вийшла далеко за межі своїх класичних сфер і перетворилася у надзвичайно актуальну наукову галузь. Вона стала зв'язуючою ланкою між загальною біологією, екологією і рослинництвом, з одного боку, та фізико-хімічною і молекулярною біологією – з іншого. В зв'язку з цим розкриття механізмів посухостійкості та розробка методів боротьби з посухами, які на третині орних площ у світі завдають значних збитків завдяки періодичним або постійним впливам, привертають увагу багатьох спеціалістів різних галузей. При цьому стійкість рослин до посухи розглядається як багатогранне явище, яке обумовлюється цілою низкою перебудов у структурному і функціональному аспектах, різноманіття яких визначається ступенем реалізації індивідуальної генетичної програми рослини не тільки у специфічних (синтез фітохелатинів, зміни у способах асиміляції вуглекислого газу тощо), а і неспецифічних (синтез білків теплового шоку, поліамінів і т.ін.) фізіолого-біохімічних адаптаціях у залежності від умов середовища [37].

Питання про вплив посухи на рослини і про зміни складових їх життєдіяльності залежно від умов довкілля досить активно розроблялися вітчизняними вченими з початку XIX ст. через те, що південь України відноситься до зони ризикованого землеробства. Посухи, які періодично повторювалися в українських степах, і пов'язані з ними втрати врожаїв вимагали від природодослідників вирішення не тільки теоретичних, а і практичних питань щодо боротьби з цим загрозливим явищем [20, 44].

На сьогодні, незважаючи на досить велику кількість публікацій і наявність фундаментальних робіт "Водный режим и засухоустойчивость пшеницы" [61], "Устойчивость растений к водному и температурному стрессам" [60], "Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів" [32], "Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях" [31] та історіографічних "Історія української науки XIX-XX століть" [44], "Історія Академій наук України" [21], "Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть" [55], питання з'ясування основ посухостійкості ще досить далеко від остаточного вирішення як в науковому плані, так і в практично-прикладному аспекті та узагальнюючої оцінки внеску українських вчених.

Тому мета даної роботи полягала у вивченні, узагальненні та систематизації наукових здобутків фітофізіологів України в аспекті становлення вчення про посухостійкість рослин; розкритті значущості творчого доробку українських вчених для сучасної інтерпретації посухостійкості як складного кооперативного явища у вигляді адаптаційного синдрому; характеристики його основних складових та з'ясування їх значення за умов дефіциту вологи.

Завдання роботи передбачали: вивчити основні етапи формування вчення про посухостійкість рослин в Україні; з'ясувати превалюючі тенденції та логіку розвитку цього напрямку біологічної науки; проаналізувати наукову спадщину фітофізіологів України в аспекті вивчення стійкості рослин до посухи; узагальнити роль української науки у розробці вчення про посухостійкість рослин, охарактеризувати внесок окремих вчених і наукових шкіл; показати значення робіт українських фітофізіологів у формуванні сучасних поглядів стосовно адаптаційного синдрому рослин до підвищених температур та посухи.

Робота проводилась у рамках наукової теми № 0104U002429 "Історичний розвиток фізіології рослин в Україні".

Аналіз розвитку вчення про посухостійкість рослин в Україні, з моменту виникнення і до сьогодні дозволяє виділити три періоди в генезисі цієї проблеми.

1. З'ясування особливостей стійкості рослин до посухи на рівні організму в контексті основних, найбільш важливих узагальнюючих процесів життєдіяльності: водообмін, ріст, розвиток, продуктивність тощо (XIX – початок XX ст.).

2. Становлення вчення про посухостійкість рослин як самостійної проблеми фітофізіології, розширення масштабів досліджень цього питання на інші рівні організації: клітинний, тканинний, органний тощо та перші узагальнення експериментальних результатів (20-80-ті рр. XX ст.).

3. Поширення вивчення основних проблем посухостійкості рослин на генетичний та біохімічний рівні, їхня подальша диференціація на основі вдосконалення методів дослідження і досягнень суміжних наук: клітинної інженерії, трансгенезу, ядерного магнітного резонансу та інших, які у комбінації з класичними методами забезпечують отримання нової важливої інформації (з 80-х рр. XX ст. до теперішнього часу).

Фізіологія рослин в Україні як самостійна наука почала формуватися з середини XIX ст., а згодом визначилися й окремі напрямки досліджень, зокрема, проблема стійкості рослин до посухи. Однак слід зазначити, що дослідження українськими фітофізіологами цього аспекту життєдіяльності рослинного організму носили розрізнений характер і були представлені поодинокими роботами. Перші цеглини у становлення вчення про посухостійкість рослини було закладено київськими вченими: С.М. Богдановим, В.Р. Заленським, В.В. Колкуновим та іншими. С.М. Богданов вперше встановив мінімум води, необхідний для проростання насіння різних культур, показав залежність між хімічним складом насіння і потребою його у воді, сформулював вчення про "мертвий запас" води в ґрунті [4]. В.Р. Заленський відкрив важливі закономірності у формуванні анатомо-фізіологічних особливостей рослин залежно від зовнішніх факторів і узагальнив їх у вигляді вчення про "функціональний ксероморфізм" та у "законі Заленського" [19]. В.В. Колкунов був визнаний як автор популярної у свій час інтегральної анатомо-фізіологічної теорії посухостійкості [30]. Досить важливими були спостереження українських агрономів (В.Я. Ломіковського, О.О. Ізмаїльського), присвячені різноманітним "стражданням" рослин за умов посухи: запал, захват тощо [20, 44].

Перша половина XX ст. в Україні характеризується інтенсивним розвитком науки. У 1918 р. створюється Українська Академія наук [21], у складі якої академіками Є.П. Вотчалом і В.М. Любименком було закладено фізіологічні основи вивчення водного режиму і посухостійкості рослин. У 20-х рр. Є.П. Вотчал почав велику серію експериментальних досліджень, присвячених проблемі посуховрожайності сільськогосподарських рослин, в першу чергу цукрових буряків. Під посуховрожайністю він розумів сукупність фізіологічних властивостей рослин, які забезпечують одержання високих врожаїв за умов посухи. Керуючись думкою, що "зниження врожаю при посусі є результат патологічного розладу нормального ходу фізіологічних процесів рослини в умовах спеки і сухості", Є.П. Вотчал із співробітниками (І.М. Толмачовим, А.С. Оканенко, О.М. Кекухом та ін.) розпочав всебічне дослідження цих процесів у природних польових умовах, спеціально розробленими методами. Дослідженнями були охоплені зміни фотосинтезу, дихання, транспірації, температури, тургору, кольору і блиску листків цукрових буряків. Встановлено, що недостатня кількість води при підсиленій інсоляції призводить до розладу водного балансу листка і до пригнічення випаровування води. Це супроводжується перегрівом листка, що, в свою чергу, спричиняє підвищення дихання і пригнічення асиміляції CO₂. Усе це спричиняє зниження врожаю при посусі [6, 7]. В.М. Любименко на чолі колективу вчених (А.А. Кузьменко, Ф.П. Машков, М.А. Любинський та ін.), займався розробкою еколого-фізіологічних особливостей водного режиму та посухостійкості рослин. Він зазначав, що до невідкладних завдань відноситься з'ясування фізіологічних характеристик рас і сортів

культурних рослин, встановлення числових значень експериментальних умов як в самому організмі, так і поза ним, що відображається на формуванні органічної речовини [34].

Вагомий внесок у вивчення різних аспектів посухостійкості рослин зробили вчені Інституту фізіології і агрохімії рослин АН УРСР, який засновано у 1946 р. у Києві. Одним із перших відділів новоствореного інституту був відділ фізіології стійкості рослин, яким у 1946-1957 рр. керував О.Г. Михайловський. У 1946-1948 рр. цикл робіт з водного режиму і посухостійкості рослин було виконано під керівництвом Т.Т. Демиденка, який разом з співробітниками вивчав надходження елементів мінерального живлення в рослини при їх різній вологозабезпеченості, розробляв характеристику посухостійкості різних сортів соняшника, з'ясував вплив вологості ґрунту на засвоєння соняшником поживних речовин. У період 1957-1974 рр. відділ фізіології стійкості рослин очолював професор Д.П. Проценко. Вивчались різні аспекти посухостійкості озимої й ярої пшениці. Велика увага приділялась вмісту, складу та стану пігментів, азотному обміну, інтенсивності дихання, змінам ультраструктури хлоропластів, а також розвитку та функціональному стану кореневої системи [11, 48]. У 1959 р. в Інституті фізіології рослин АН УРСР (ІФР АН УРСР) було розпочато вивчення водного режиму та стійкості озимої пшениці до посухи у зв'язку з сортовою специфічністю (А.А. Власюк, Д.П. Проценко, І.Г. Шматько) [5, 48, 61]. Останній вперше застосував метод ЯМР-спектроскопії для аналізу регуляторних систем водообміну і дав всебічну фізіологічну характеристику посухостійкості сортів пшениці, типових для окремих зон України. Використовуючи збагачену на тритій і дейтерій воду, він з'ясував вплив водозабезпечення на рівень водного потенціалу та перерозподіл H_2O по органам рослини, а в досліджах з позакореневим підживленням пшениці цинком і бором встановив вміст осмотично активних речовин та амінокислотний склад генотипів [11, 36].

Фізіологічні особливості озимої пшениці, жита і кукурудзи при різній їх водозабезпеченості вивчали впродовж 1958-1973 рр. фітофізіологи Всесоюзного науково-дослідного інституту кукурудзи А.І. Задонцев, Г.Р. Пикуш, В.І. Бондаренко, М.Я. Трегубенко, В.І. Непомнящий, Г.Л. Філіппов [56].

Другий період характеризується інтенсивним вивченням процесу газообміну рослин, складовими якого є випаровування води (транспірація) і поглинання CO_2 (фотосинтез), які здійснюються завдяки дифузійним процесам через спеціалізовані органи – продихи. З'ясування взаємозумовленості і взаємозалежності цих функціонально важливих процесів, їх специфічної участі у формуванні розмірів та якості господарської і біологічної продуктивності рослин – один з пріоритетних напрямків роботи вітчизняних дослідників. Значної уваги вивченню цих процесів приділялося в лабораторії фотосинтезу ІФР АН УРСР, на базі якої у 1959 р. був створений відділ фізіології і екології фотосинтезу на чолі з д.б.н., професором А.С. Оканенко. Застосування розроблених у цьому відділі Х.М. Починком установок для газометричних досліджень газообміну рослин (інтенсивностей фотосинтезу, дихання, транспірації) та використання авторських методик при одночасній реєстрації основних параметрів водного режиму (водного дефіциту, транспіраційного коефіцієнту, продуктивності транспірації та ін.) дозволили встановити залежність фотосинтезу від водного дефіциту фотосинтезуючих органів [12, 15] (при $ВД > 27\%$ фотосинтез практично припиняється) та опосередковано визначати посухостійкість рослин у різні періоди індивідуального розвитку за динамічними параметрами [11, 14]. Вченими відділу переконливо показано, що у рослин завжди існує дилема: для асиміляції CO_2 з повітря на світлі завжди необхідний інтенсивний газообмін, а для скорочення водовитрат – його зниження. Вирішення цієї проблеми у рослинному світі здійснюється кількома шляхами: зміною співвідношення площ випаровуючих та поглинаючих воду органів на користь останніх; значними анатомо-морфологічними змінами надземних органів, навіть, їх редукцією; змінами типів асиміляції вуглекислого газу (відомі $C_3 \rightarrow C_4 \rightarrow KMT$ шляхи фіксації CO_2 , які значно розрізняються продуктивністю використання води) та багатьма іншими. Найбільш інтенсивний обмін рослини з зовнішнім середовищем здійснюється через спеціалізовані продихові комплекси шляхом відкриття-закриття останніх за участю двох

регуляторних механізмів, функціонуючих за принципом зворотного зв'язку. Завдання першого механізму полягає у забезпеченні транспорту CO₂ із зовнішнього середовища (повітря) у мезофіл та до місць карбоксилювання, другого – у контролюванні водного "бюджету" листка. При цьому значення опорів дифузії для молекул CO₂ розраховуються за співвідношенням коефіцієнтів дифузії молекул CO₂ і H₂O: $r_a / r_a' = 1,37$ і $r_s / r_s' = 1,54-1,61$. Авторами показано, що співвідношення опорів дифузії прорихів для молекул CO₂ і H₂O (r_s / r_s') непостійне, а зростає при закритті прорихів від 1,54 до 4,0 [13]. Тому при закритті прорихів концентрація CO₂ в листку (C_i) знижується і саме закриті прорихи є головною причиною інгібування фотосинтезу при помірних значеннях водного стресу [12], прориховий апарат виконує захисну функцію щодо фотосинтетичного апарату від пошкоджень стресовими факторами. Запропонована формула для розрахунків:

$$C_i = C_a - \frac{P_n}{g_l / (0.06 + 1.5g_l)}$$

де C_a – концентрація CO₂ у зовнішньому середовищі (повітрі) мг/дм³; P_n – інтенсивність видимого фотосинтезу, мг/дм²·год.; g_l – листкова провідність для молекул H₂O, мк М/м²·сек.

Завдяки розробці та застосуванню польового порометру (ПП-1) [16] і удосконаленню математичних розрахунків, Б.І. Гуляєву із співавторами вдалося встановити наявність прорихового лімітування фотосинтезу у стресових умовах, в тому числі і при водному дефіциті, що існує, навіть, при підвищеній концентрації CO₂ (до 0,2% за об'ємом). Подальші дослідження в цьому напрямку дозволили констатувати: 1 – різке уповільнення швидкості розкриття прорихів при переході "темнота – світло" від кількох секунд до години і більше по мірі старіння листкового апарату; 2 – появу лаг-фази у відкритті прорихів після темноти тривалістю 10–15 хв. та обробки листка розчином абсцизової кислоти або після холодного стресу; 3 – ініціювання релаксаційних автоколивань прорихової провідності шляхом раптового підвищення концентрації в повітрі від нормальної до підвищеної (біля 0,2%) в листках C₃ рослин з водним дефіцитом вище 5%; 4 – втрату чутливості прорихового апарату до водного дефіциту листка за умов низької вологості повітря; 5 – надчутливість прорихів до зниження вологості ґрунту, яка проявляється у їх закритті ще при відсутності наявних змін водного дефіциту листкової пластинки (фітогормональна регуляція) [12, 15].

Вітчизняним фізіологам завжди був притаманний комплексний підхід до вивчення певних явищ у рослинному світі. У зв'язку з цим формування поняття посухостійкості характеризується значною варіабельністю та різнорівневістю адаптаційних перебудов, які узагальнюються у вигляді адаптаційного синдрому [51, 60] і супроводжуються як функціональними (горизонтальна), так і структурними (вертикальна еволюція) змінами. У цьому напрямку заслуговують на увагу фундаментальні праці щодо з'ясування основної функції зелених рослин – фотосинтезу, який виступає не пасивним джерелом синтезованих речовин (фотоасимілятів), а потужною системою активної регуляції їх використання, завдяки інтенсивності та напрямкам засвоєння CO₂, на різні боки життєдіяльності, зокрема і на адаптаційні процеси при дії несприятливих факторів середовища, одним з яких є стійкість рослин до дефіциту води [13, 29, 41, 43, 46, 49, 57].

Найменшою структурною одиницею, здатною здійснювати повністю всі ланки фотосинтезу є хлоропласт, структура та функціональна активність якого значно залежать від умов середовища, в тому числі і водозабезпечення [49, 59]. Це переконливо показано співробітниками створених у 1964 р. у Академії наук УРСР спеціалізованих лабораторій, одна з яких функціонує і в теперішній час як відділ біохімії фотосинтезу Інституту фізіології рослин і генетики НАН України (ІФРiГ) [33]. Встановлені значні зміни не тільки в структурі цього органіда (будова гранулярно-ламелярної організації, склад I та II фотосистем, контактування різних тилакоїдів і т.д.), а і його функціональної активності (інтенсивності транспорту електронів, процесів циклічного та нециклічного фосфорилування, ефективності донорно-акцепторного переносу енергії у пігментних комплексах ФС I та між фотосистемами тощо) [8, 49, 59]. Уперше знайдено і доведено перенос фосфорильованого комплексу ФС II при фосфорилуванні в анаеробних умовах та їх міграцію уздовж мембран,

їх участь у транспорті специфічних за складом пулів ліпідів [41, 53]. У теперішній час зусилля дослідників спрямовані на розробку модифікаційної моделі організації гран хлоропластів та з'ясування трансверсальної різнорідності в гранах при динамічних перебудовах останніх, зумовлених факторами зовнішнього середовища [33, 50].

Удосконалення методів вирощування рослин [3, 24, 25, 28, 35, 47], реєстрації основних динамічних параметрів [9, 26, 45] дозволили моделювати різні рівні водозабезпечення рослин впродовж вегетації, встановлювати корелятивні взаємозв'язки та взаємозалежності основних процесів життєдіяльності від водного режиму, узагальнювати отриману інформацію у вигляді математичних формул та виразів [13, 17, 27, 29, 57]. Це стосується вибору оптимальних строків висіву насіння різних культур, його проростання [10], ростових процесів (поділ клітин та їх розтягнення) [18], появи нових листків, динаміки формування площі та гетерогенності асиміляційної поверхні [14, 22, 40], структурних особливостей та функціональної активності асиміляційного апарату (тип фотосинтезу, інтенсивність засвоєння CO₂ за різних екологічних умов) [23, 41, 43], специфіки продукційного процесу, формування господарського та біологічного врожаїв, починаючи з окремої рослини і закінчуючи агрофітоценозами та природними угрупованнями [15, 27, 57]. У цьому напрямку пріоритетними є праці з динамічними змінами фотосинтетичних пігментів, в першу чергу хлорофілів, вміст та склад яких є чутливим індикатором стану листкового апарату [42, 54, 56]. Установлено, що водний дефіцит, зменшуючи загальний вміст пігментів, викликає істотне падіння співвідношення "a" / "b", що зумовлюється більш значним уповільненням синтезу та прискоренням розпаду хлорофілу "a" відносно хлорофілу "b" за умов посухи.

Поряд з хлорофілами важливу роль у фотосинтетичних реакціях відіграють і каротиноїди (каротин і ксантофіл), які не тільки акумулюють енергію сонячного світла і постачають її до реакційних центрів I та II фотосистем, а і виконують захисні функції, захищаючи їх від деструктивної дії світла та кисню (оксидний стрес). Останні менш чутливі до впливу водного стресу, ніж хлорофіли, і тому під час зневоднення відбувається значне зниження співвідношення хлорофіли / каротиноїди, що впливає на функціональний стан фотосистем – уповільнюється транспорт електронів та інгібується робота II фотосистеми дефіцитом води, як субстратом фотосинтезу [52, 54].

Певний науковий інтерес мають розробки українських вчених стосовно питання фізіологічної ролі процесу фотодихання, як альтернативного механізму фотосинтетичного метаболізму вуглецю та енергетичних еквівалентів через гліколатний цикл за умов водного дефіциту. Встановлено, що впродовж наростання водного дефіциту інтенсивність фотодихання у сортів ярої пшениці змінюється двофазно: спочатку підвищується, а потім знижується. При цьому фаза активації інтенсивності фотодихання у посухостійких сортів більш тривала. Підвищення фотодихання за стресових умов пов'язано із зниженням надходження вуглекислого газу у хлоропласти та активацією оксигеназної активності карбоксидисмутази. Це дозволило сформулювати висновок про те, що за стресових умов фотодихання захищає фотосинтетичний апарат від фотоінгібування та фотодеструкції, чим і зумовлюється значною мірою ступінь посухостійкості рослин [15, 50].

Результати багаточисленних праць вітчизняних дослідників посухостійкості у 2-й період розвитку цього вчення, співставлення їх між собою та з досягненнями суміжних наук свідчать про те, що зусилля вчених були спрямовані на вивчення: пристосування рослин до агрометеорологічних умов на рівні сорту, культури, агроценозів; динаміки вологи у ґрунті й ефективності її використання рослинами; фізіологічних реакцій рослин на порушення водопостачання (зміни водного режиму, фотосинтезу, пігментного комплексу, дихання, фотодихання, білкового і нуклеїнового обміну тощо); механізмів шкідливого впливу посухи на рослини; шляхів фотосинтетичного засвоєння CO₂ та особливостей формування врожаю сільськогосподарськими рослинами при порушеному водозабезпеченні.

У теперішній час широкі експериментальні дослідження молекулярних і фізіологічних механізмів стійкості рослин до водного і високотемпературного стресів розгорнуто в ІФРiГ НАН України, особливо у відділі водного режиму рослин. Співробітниками відділу

досліджено системи регуляції та механізми стійкості рослин до водного і високотемпературного стресів; встановлено, що формування механізмів стійкості рослин до цих стресів зумовлене характером кристалізації і деструкції полярних ліпідів у мембранах хлоропластів, станом пластидного апарату, динамічними перебудовами водного, енергетичного та фітогормонального балансу [60]. Вперше оцінено величини пулу функціонуючих фітогормонів і активність кожного із них у процесі адаптації рослин до водного стресу [10]. Вивчено онтогенетичні особливості адаптивного водообміну та метаболізму азоту гібридів і ліній кукурудзи в умовах водного та високотемпературного стресів. Виявлено взаємозв'язок між водним і поверхневим біопотенціалами та продуктивністю використання води при формуванні адаптивного потенціалу рослин за умов обмеженого водозабезпечення [11]. Оцінено вклад проліферативної складової клітинного росту в адаптивні та відновлювальні процеси в апікальних і інтеркалярних меристемах рослин за дії дефіциту води та підвищених температур [18].

Важливою ланкою у формуванні посухостійкості рослин є селекційна робота з виведення нових сортів та гібридів, які за умов дефіциту вологи відносно нормально вегетують і формують певних розмірів біологічний та високої якості господарський врожай. На сьогоднішній день провідними установами є: ІФРІГ НАН України, Інститут молекулярної біології і генетики НАН України, Черкаська державна сільськогосподарська дослідна станція Держагропрому, науково-дослідна установа Творчого об'єднання селекціонерів "Північ" та інші. Для українських генетиків актуальним є пошук генів, які контролюють механізми формування стійкості рослин до водного, високотемпературного, сольового та інших видів стресів, розробка ефективних способів її підвищення з урахуванням мінливості і динамічності певних ознак, що необхідно для створення прогресивної системи рослинництва в зонах лімітованого водопостачання і удосконалення селекційних програм [36, 57].

Продовжує вивчати складові адаптаційного синдрому рослин до дії несприятливих факторів середовища колектив кафедри фізіології і екології рослин Київського національного університету ім. Тараса Шевченка. Головним науковим напрямком кафедри є вивчення природи стійкості рослин до несприятливих умов довкілля та дослідження можливості регуляції адаптивного потенціалу сільськогосподарських культур [39]. За характером змін життєздатності проростків і ростової реакції рослин залежно від величини і тривалості дії високої температури, виділено межі оборотних, частково оборотних і необоротних пошкоджень; вивчено специфічні та неспецифічні зміни у складі ліпідних компонентів, білків і пігментів фотосинтетичних мембран при формуванні температурного стресу [53]; встановлено, що формування механізмів стійкості рослин до стресових факторів середовища залежить від потенційної здатності мембран хлоропластів модифікувати склад полярних ліпідів і жирних кислот; показано, що посуха спричиняє порушення ліпідного обміну та цілісності клітинних мембран рослин [38, 41, 51].

На питаннях стійкості рослин до посухи зосередили увагу вчені Інституту ботаніки ім. М.Г. Холодного НАН України, в роботах яких наведено узагальнюючі результати з фізіолого-біохімічних основ адаптації рослин до стресів. Встановлено, що процес адаптації рослин до стресів супроводжується суттєвими змінами біосинтезу білків і інтенсивності фотосинтезу. Виявлена пряма залежність між жаростійкістю сорту та його здатністю до накопичення значних кількостей абсцизової та індолілуksусної кислот у надземній частині та цитокінінів – у кореневій системі. Переконаливо доведено, що зміни у біосинтезі білків, їх ферментативній активності та фітогормональному балансі взаємопов'язані та взаємозумовлені, а фізіолого-біохімічні механізми адаптації рослин до стресів ґрунтуються на пристосувальних змінах білкових макромолекул та фітогормонів [31, 32].

Чільне місце в історії розвитку основних напрямків посухостійкості рослин на сучасному етапі займають українські фізіологи: І.П. Григорюк, О.Ю. Шведова, М.М. Мусієнко, Н.Ю. Таран, Л.Л. Кордюм, І.В. Косаківська та інші, що підтверджується узагальнюючими фундаментальними роботами [10, 26, 31, 32, 55, 58] та пріоритетними авторськими свідоцтвами [1–3]. Характерною особливістю досліджень цих вчених є

системний підхід до вивчення цілісного, кооперативного явища – посухостійкості на різних рівнях організації рослинного організму від молекулярного до біосферного.

Список литературы

1. А.с. 176047 СССР, МКИ⁵ А 01 G 7/00. Способ определения устойчивости растений к стрессовым воздействиям / И.А. Григорюк, В.А. Мануильский, М.В. Курик и др. – Оpubл. 15.09.92. – Бюл. № 34.
2. А.с. 1371612 СССР, МКИ⁴ А 01 G 7/00. Способ определения засухоустойчивости растений / Л.М. Маньковская, М.Д. Кушниренко, С.И. Тома, С.В. Мануильский. – Оpubл. 7.02.88. – Бюл. № 5.
3. А.с. 952167 СССР, МКИ³ А 01 G 27/00. Устройство для полива растений / Е.А. Казаков, Б.И. Гуляев, С.М. Казакова, А.С. Оканенко. – Оpubл. 21.04.82. – Бюл. № 31.
4. Богданов С.М. О минимуме поглощения воды прорастающими семенами // Изв. Петровск. земледельч. акад. – 1886. – Т. 9, вып. 1. – С. 1-23.
5. Власюк П.А. Биологические элементы в жизнедеятельности растений. – К.: Наук. думка, 1969. – 516 с.
6. Вотчал Е.Ф. К постановке вопроса о борьбе растения с засухой // Тр. II Съезда по сорт.-семенному делу в сахар. пром-сти (г. Киев, 4–11 декабря 1921 г.). – К.: Изд-во Сахаротреста, 1922. – С. 210-233.
7. Вотчал Є.П. Теорія походження неврожаю в умовах посухи та зміни тургору і рухи листків як показники стану загального комплексного балансу динаміки фізіологічних процесів рослини // Журн. біо-ботан. циклу ВУАН. – 1932. – № 7–8. – С. 207-209.
8. Гамаюнова М.С., Кочубей С.М., Островская Л.К. и др. Фотохимические системы хлоропластов. – К.: Наук. думка, 1975. – 206 с.
9. Григорчук А.П., Гуляев Б.И., Карнаух В.И., Рогаченко А.Д. Автоматизированная полевая установка для физиологических исследований посевов // Физиология и биохимия культ. растений. – 1992. – Т. 24, № 3. – С. 303-314.
10. Григорюк І.П. Реакція рослин на водний і температурний стреси та способи їх регуляції. – Автореф. дис. ... докт. біол. наук: 03.00.12. – К., 1996. – 40 с.
11. Григорюк І.П., Мусієнко М.М. Водний і високотемпературний стреси. Молекулярні та фізіологічні механізми стійкості рослин // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 2. – С. 118-129.
12. Гуляев Б.И. Екофізіологія фотосинтезу: досягнення, стан та перспективи досліджень // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 60-74.
13. Гуляев Б.И. Количественные основы взаимосвязи фотосинтеза, роста и продуктивности растений. – Дис. ... докт. биол. наук: 03.00.12. – К., 1983. – 345 с.
14. Гуляев Б.И., Рожко И.И., Рогаченко А.Д. и др. Фотосинтез, продукционный процесс и продуктивность растений. – К.: Наук. думка, 1989. – 150 с.
15. Гуляев Б.И. Фотосинтез и продуктивность растений: проблемы, достижения, перспективы исследований // Физиология и биохимия культ. растений. – 1998. – Т. 28, № 1–2. – С. 16-35.
16. Гуляев Б.И., Шведова О.Е. Устьичный порометр и его использование для оценки состояния листового аппарата // Там же. – 1984. – Т. 16, № 5. – С. 504-506.
17. Дмитренко В.П. Математическая модель урожайности сельскохозяйственных культур // Тр. УкрНИГМИ. – М.: Гидрометеиздат, 1973. – Вып. 122. – С. 3-19.
18. Жук О.І., Григорюк І.П., Гродзинський Д.М. Клітинний ріст рослин за умов водного стресу // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999. – Т. 31, № 2. – С. 83-92.

19. *Заленский В.Р.* Материалы к количественной анатомии различных листьев одних и тех же растений (магист. дис.) // Изв. Киев. политехн. ин-та. – 1904. – Т. 4, кн. 1. – С. 1-212.
20. *Измаильский А.А.* Как высохла наша степь. – М.: Тип. Зельхмана, 1883. – 56 с.
21. *Історія Академії наук України. 1918-1993 / За ред. К.М. Ситника.* – К.: Наук. думка, 1994. – 318 с.
22. *Казаков Е.А., Казакова С.М., Гуляев Б.И.* Влияние влажности почвы на формирование и отмирание листового аппарата сахарной свеклы // Физиология и биохимия культ. растений. – 1988. – Т. 20, № 5. – С. 431-438.
23. *Казаков Е.А., Казакова С.М., Гуляев Б.И.* Действие и последствие засухи на фотосинтез листьев в онтогенезе свеклы // Физиология и биохимия культ. растений. – 1986. – Т. 18, № 5. – С. 459-467.
24. *Казаков Е.А., Казакова С.М., Гуляев Б.И., Ситницкий П.А.* Усовершенствованная установка для полива растений в вегетационных сосудах // Физиология и биохимия культ. растений. – 1988. – Т. 20, № 1. – С. 91-98.
25. *Казаков Е.А., Казакова С.М., Гуляев Б.И., Ситницкий П.А.* Установка для программированного полива растений в мелкоделяночных опытах // Физиология и биохимия культ. растений. – 1989. – Т. 21, № 3. – С. 303-306.
26. *Казаков Є.О.* Методологічні основи постановки експерименту з фізіології рослин. – К.: Фітосоціоцентр, 2000. – 272 с.
27. *Казаков Є.О.* Онтогенетична чутливість до водних стресів процесів формування зернової продуктивності у гібридів кукурудзи // Физиология и биохимия культ. растений. – 2001. – Т. 33, № 1. – С. 52-57.
28. *Казаков Є.О.* Пристрій для автоматизованого поливу рослин у вегетаційних дослідях з урахуванням їх індивідуальних водо витрат // Там же. – 1999. – Т. 31, № 5. – С. 392-396.
29. *Казаков Є.О., Хрестова Т.Є., Казакова С.М.* Посухостійкість рослин та проблема її вивчення // Питання біоіндикації та екології. – 2000. – Вип. 5. – № 1. – С. 3-12.
30. *Колкунов В.В.* К вопросу о выработке выносливых к засухам рас культурных растений // Изв. Киев. политехн. ин-та. – 1905. – Вып. 5, кн. 4. – С. 18-31; 1907. – Вып. 7, кн. 1. – С. 1-70.
31. *Кордюм Е.Л., Сытник К.М., Бараненко В.В. и др.* Клеточные механизмы адаптации растений к неблагоприятным воздействиям экологических факторов в естественных условиях. – К.: Наук. думка, 2003. – 275 с.
32. *Косаківська І.В.* Фізіолого-біохімічні основи адаптації рослин до стресів. – К.: Сталь, 2003. – 192 с.
33. *Кочубей С.М.* История исследований организации хлоропластов, проведенных в Украине // Физиология и биохимия культ. растений. – 2003. – Т. 35, № 4. – С. 295-300.
34. *Любименко В.Н.* Избранные труды: В 2-х т. – К.: Изд-во АН УССР, 1963. – Т. 1. – 597 с.; Т. 2. – 681 с.
35. *Маринчик А.Ф., Мазлумова Н.А., Пахомова Л.М., Курганский В.П.* Модификация вегетационного и микрополевого методов с почвенной культурой для сахарной свеклы // Пути повышения урожайности полевых культур. – Минск: Ураджай, 1981. – № 12. – С. 119-130.
36. *Моргун В.В., Мусіяка В.К., Яворська В.К.* Історія розвитку фізіології рослин в Україні // Физиология растений в Україні на межі тисячоліть. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 16-19.
37. *Мусієнко М.М.* Проблеми фітофізіології // Укр. ботан. журнал. – 2006. – Т. 63, № 1. – С. 107-114.
38. *Мусієнко М.М.* Фізіологія рослин. – К.: Либідь, 2005. – 682 с.

39. Мусиенко Н.Н., Капля А.В., Оканенко А.А. Жароустойчивость и продуктивность озимой пшеницы – К.: Изд-во при КГУ издательского объединения "Вища школа", 1985. – 192 с.
40. Недуха О.М. Вплив водного дефіциту на листки рослин // Укр. ботан. журнал. – 2001. – Т. 58, № 1. – С. 99-106.
41. Оканенко А.А. Мусиенко Н.Н., Таран Н.Ю. Липиды фотосинтетических тканей и засуха // Физиология и биохимия культ. растений. – 1992. – Т. 24, № 5. – С. 429-431.
42. Оканенко А.С., Толмачев И.М., Кекух А.М. Интенсивность фотосинтеза у сахарной свеклы с различным количеством хлорофилла в листьях // Тр. науч. ин-та селекции (Киев). – 1928. – № 2. – С. 19-46.
43. Оканенко А.С., Починок Х.Н. Влияние водного режима на интенсивность фотосинтеза // Науч. тр. Укр. НИИ физиологии растений. Пути повышения интенсивности фотосинтеза. – К.: Госсельхозиздат УССР. – 1959. – Т. 16. – С. 7-20.
44. Оноприенко В.І. Історія української науки ХІХ-ХХ століть. – К.: Либідь, 1998. – 304 с.
45. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. – К.: Наук. думка, 1976. – 334 с.
46. Починок Х.М., Оканенко А.С. Фотосинтез у рослин озимі пшениці з різним водним режимом за різних зовнішніх умов // Наук. праці Укр. НДІ фізіології рослин. – К.: Вид-во УАСГН, 1959. – № 9. – С. 169-187.
47. Починок Х.Н. Сосуды для вегетационных опытов под открытым небом // Физиология и биохимия культ. растений. – 1981. – Т. 13, № 5. – С. 541-544.
48. Проценко Д.Ф., Кириченко Ф.Г., Мусиенко Н.Н. Засухоустойчивость озимой пшеницы. – М.: Колос, 1975. – 240 с.
49. Силаева А.М. Структура хлоропластов и факторы среды. – К.: Наук. думка, 1978. – 203 с.
50. Соколовська О.Г., Гуляев Б.І. Фотосинтез і посухостійкість рослин // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 97-101.
51. Таран Н.Ю. Адаптаційний синдром рослин в умовах посухи: Автореф. дис. ... докт. біол. наук: 03.00.12. – К., 2001. – 42 с.
52. Таран Н.Ю. Каротиноїди фотосинтетичних тканин за умов посухи // Физиология и биохимия культ. растений. – 1999. – Т. 31, № 6. – С. 414-422.
53. Таран Н.Ю., Оканенко О.А., Мусієнко М.М. Рослинні сульфоліпіди за умов дії несприятливих факторів довкілля // Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 108-112.
54. Феденко В.С., Стружко В.С. Визначення кольору рослин на основі спектральних параметрів пігментів in vivo // Там само. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – С. 119-123.
55. Фізіологія рослин в Україні на межі тисячоліть / Гол. ред. В.В. Моргун. – К.: Фітосоціоцентр, 2001. – Т. 1. – 435 с.; Т. 2. – 339 с.
56. Филиппов Г.Л., Вишневский Н.В., Ивахненко А.Н., Губенко В.А. Диагностика и отбор инбредных линий кукурузы на термоустойчивость по физиологическим признакам // С.-х. биология. – 1987. – № 5. – С. 61-64.
57. Христова Т.Є. Стійкість та продуктивність гібридів кукурудзи при моделюванні типів посухи: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.12. – К., 1997. – 20 с.
58. Чучмий І.П., Моргун В.В. Генетические основы и методы селекции скороспелых гибридов кукурузы. – К.: Наук. думка, 1990. – 283 с.
59. Ширяев А.И. Субмикроскопическая и макромолекулярная организация хлоропластов. – К.: Наук. думка, 1978. – 157 с.
60. Шматько І.Г., Григорюк І.А., Шведова О.Е. Устойчивость растений к водному и температурному стрессам. – К.: Наук. думка, 1989. – 224 с.

61. Шматько И.Г., Шведова О.Е. Водный режим и засухоустойчивость пшеницы. – К.: Наук. думка, 1977. – 198 с.

Христовая Т.Е. Генезис исследований засухоустойчивости растений на Украине. – Анализируется эволюция исследований засухоустойчивости растений на Украине. Намечены этапы становления учения о стойкости растений к засухе. Подчеркнут весомый вклад отечественных ученых в разработку отдельных аспектов данной проблемы.

Ключевые слова: физиология растений, засухоустойчивость, генезис исследований, персоналии.

Kristova T.E. The genesis of plants' drought-stability researches in Ukraine. – It is analyzed the evolution of plants' drought-stability researches in Ukraine. The becoming stages of studies about plants' stability to the drought are outlined. The ponderable endowment of fatherland scientists into the elaboration of given problem separate aspects is underlined.

Key words: plant physiology, drought-stability, genesis of researches, persons.

ФУНДАМЕНТАЛЬНЫЕ И ПРИКЛАДНЫЕ ПРОБЛЕМЫ БИОФИЗИКИ И ФИЗИОЛОГИИ

УДК 541.1:577.12

Н.М. Богдан², Е.В. Хомутова², А.А. Христуленко³, А.О. Елизаров², А.А. Коптильный¹,
Н.В. Линник², М.С. Малыгин², В.М. Билобров¹

ВЛИЯНИЕ pH, КИНЕТИКИ ЕГО ИЗМЕНЕНИЯ И СОСТАВА МОЧИ НА ПРОЦЕССЫ КАМНЕОБРАЗОВАНИЯ

¹ Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46;

² Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины; 83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70; e-mail: postmast@infou.donetsk.ua;

³ Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького; 83003, г. Донецк, ул. Ильича, 16

Богдан Н.М., Хомутова Е.В., Христуленко А.О., Елизаров А.О., Коптильный А.А., Линник Н.В., Малыгин М.С., Билобров В.М. Влияние pH, кинетики его изменения и состава мочи на процессы камнеобразования. – Дан подробный анализ динамики изменения pH мочи здоровых людей и больных мочекаменной болезнью (МКБ) с конкрементами различного химического состава. Показан pH-зависимый характер состава (минеральной и органической компоненты) почечных камней. Рассмотрены электрохимические свойства белков и некоторых электролитов мочи. Сделан вывод, что количественные закономерности изменения pH мочи людей могут быть использованы для создания диагностических тестов определения типов нефролитиаза.

Ключевые слова: кинетика изменения pH мочи, мочекаменная болезнь, химический состав конкрементов.

Введение

Протекание практически всех химических процессов, а так же механизмы всех биологических реакций сильнейшим образом зависят от кислотно-основных и буферных свойств среды, результаты многочисленных колориметрических и потенциометрических исследований наиболее простых буферных систем хорошо изучены, детально описаны и теоретически обоснованы. Измерены и табулированы также многочисленные данные для растворов сложных универсальных буферов: Михаэлиса, Бриттона-Робинсона, Остлинга-Виртмана, Мак-Илвейна и др.

В первом сообщении данной серии работ нами довольно подробно рассмотрена роль pH в формировании буферных свойств сложных многокомпонентных систем. Ниже попытаемся рассмотреть, каким образом изменение этого параметра формирует физико-химические свойства мочи и растворов, моделирующих мочу больных мочекаменной болезнью (МКБ)

Влияние pH мочи и кинетики его изменения в процессах камнеобразования. Ранее нами были рассмотрены [3, 7] типичные примеры индивидуального хода pH мочи в течение суток для отдельных здоровых людей и больных с оксалатными, фосфатными и мочекислыми камнями в почках (рис. 1).

Анализ характера распределения pH мочи отдельных людей показал их принципиальное сходство для отдельных здоровых людей в их выборке и, вместе с тем, ярко выраженные различия от построенных аналогичным образом распределений для больных с различными формами нефролитиаза (особенности кривых а – г на рис. 1). Сравнивая количественные характеристики представленных кривых для отдельных больных МКБ, видим различия их хода в зависимости от типа нефролитиаза.

Вместе с тем, исследования динамики индивидуальных изменений pH, проведенные В.М. Билобровым [1], показали, что каждый больной с камнями в почках определенного химического состава занимает свой интервал значений pH в рамках доверительного интервала для выборки в целом, хотя различия между величинами pH мочи для отдельных больных с камнями одного химического состава иногда и превышают различия между больными и здоровыми людьми.

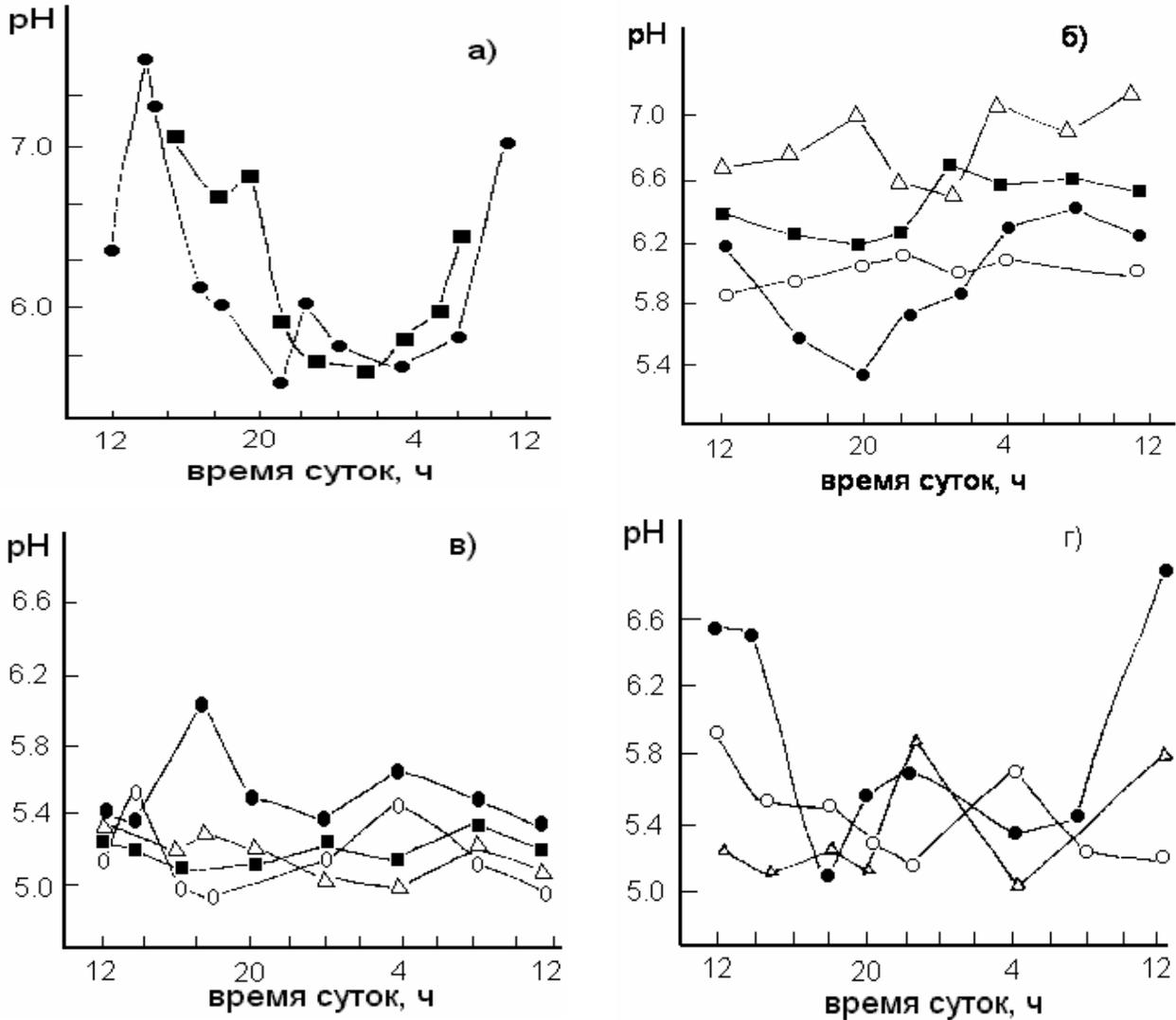


Рис. 1. Типичные примеры изменения рН мочи в течении суток у здоровых людей (а) и больных с фосфатными (б), мочекислыми (в) и оксалатными (г) камнями в почках

Для повышения точности диагностирования типа нефролитиаза у конкретного человека интересным представляется сделанное А.В. Чугаев [7] предложение, суть которого заключается в том, чтобы использовать для этой цели скорости изменения рН мочи:

$$\delta_{cp.} = \frac{\sum_{i=1}^{n-1} |\Delta p H_i|}{n-1}, \quad (1)$$

где $\delta_{cp.}$ – скорость изменения рН мочи больного МКБ;

$\Delta p H_i$ – разность между двумя соседними измерениями рН;

Δt_i – разница во времени между двумя соседними измерениями рН (в часах);

$n(n \geq 8)$ – количество измерений рН мочи в течение суток.

Преимущества такого подхода отчетливо показаны в работе [6], где представлена схема, отражающая достоверность разделения здоровых людей и больных с различными видами почечных камней по скоростям изменения рН и сопоставлена с аналогичными значениями, полученными в результате усреднения суточных значений рН мочи испытуемых.

Анализ данных, приведенных в работе [6], показывает существенное повышение достоверности разделения групп в случае использования в качестве диагностического критерия $\delta_{\text{ср}}$. Достаточно сказать, что если использование $\text{pH}_{\text{ср}}$ позволяет отличить больных с оксалатными камнями от здоровых людей с достоверностью $65 \pm 15\%$, а больных с мочекислыми камнями от здоровых с достоверностью $70 \pm 15\%$, то использование $\delta_{\text{ср}}$ увеличивает достоверность разделения указанных групп людей до $80 \pm 10\%$ и $90 \pm 5\%$ соответственно. В целом же было установлено, что при $\text{pH}_{\text{ср}} = 5,6 \pm 0,2$ и $\delta_{\text{ср}} = 0,13 \pm 0,04$ в почках больных НЛ определяется оксалатный камень, при среднесуточном $\text{pH}_{\text{ср}} = 5,15 \pm 0,15$ и $\delta_{\text{ср}} = 0,045 \pm 0,01$ – уратный, и при $\text{pH}_{\text{ср}} = 6,35 \pm 0,50$ и $\delta_{\text{ср}} = 0,07 \pm 0,02$ – фосфатный камень.

Таким образом, можно предположить, что лишь совместное использование динамических особенностей pH мочи, характерных для конкретного пациента и для выборки в целом, может существенно повысить достоверность диагностических тестов определения химического состава конкрементов в почках людей. Вместе с тем, представленные данные свидетельствуют о том, что как наличие характерного интервала pH мочи для различных типов нефролитиаза, так и динамика его изменения, обусловлены причинами химическими и свидетельствуют о многообразии химических процессов, протекающих в моче в норме и при наличии патологии. Поэтому далее рассмотрим особенности химических процессов, протекающих в системе моча – конкремент, обуславливающих химический состав почечных камней.

Образование смешанных камней при фосфатном нефролитиазе обусловлено влиянием pH на особенности образования и растворения различных форм неорганических фосфатов в интервале физиологических концентраций pH . При этом по мере роста pH мочи повышается скорость фазовых превращений $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O} - \text{Ca}_8\text{H}_2(\text{PO}_4)_6 \cdot 5\text{H}_2\text{O} - \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ [20], а также существенно увеличивается время индукции осаждения CaHPO_4 и $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ [37].

Вместе с тем, растворимость гидро- и ортофосфатов кальция с ростом pH резко уменьшается [35].

Известно, что вероятность образования твердой фазы в многокомпонентном растворе и, в частности, в моче определяется не только соотношением растворимостей отдельных соединений, но и соотношением скоростей их образования и растворения. Это отчетливо видно на примере образования MgNH_4PO_4 – камней. Несмотря на наибольшую растворимость этой соли в ряду $\text{MgNH}_4\text{PO}_4 - \text{CaHPO}_4 \cdot \text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, в условиях "щелочной неподвижности" инфицированной мочи больного и повышенной концентрации аммиака в ней, осаждается именно MgNH_4PO_4 . Поэтому, при $\text{pH} > 7$ фосфатные конкременты образованы преимущественно MgNH_4PO_4 . Далее в условиях, близких к равновесным, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ растворяется на порядок медленнее, чем образуется. Более подробно этот вопрос нами рассмотрен в работе [6]. В частности показано, что в интервале $\text{pH} = 5,85 - 6,85$ $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ составляет более 90% фосфатных камней, что согласуется с литературными данными (см. например [12, 21]). По аналогичной причине при $\text{pH} < 5,8$ в состав камней входит кислый $\text{CaHPO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$, а также образуются смешанные фосфатно-оксалатные камни.

В случае мочекислых камней, образованных мочевой кислотой и ее солями, влияние pH мочи преимущественно сказывается на структуре этих конкрементов. Так, согласно [17] в объеме камня, состоящего из мочевой кислоты, существенно более щелочная среда, чем в моче почечной лоханки, где из солей мочевой кислоты формируется поверхностный слой камня.

Действительно, в то время как с ростом pH растворимость мочевой кислоты в результате смещения лактим-лактаминового равновесия быстро увеличивается, для уратов (солей мочевой кислоты) наблюдается обратный ход зависимости растворимости от pH мочи. Именно поэтому уратные камни образуются, по-видимому, в результате протекания нескольких сопряженных процессов, обусловленных, прежде всего, растворением мочевой кислоты, образованием ее солей и их последующим растворением по мере роста pH мочи.

Растворимость и образование оксалатных камней, состоящих, как правило, из смеси моно- и дигидрата оксалата кальция, непосредственно от pH мочи практически не зависит,

что обусловлено слабой чувствительностью растворимости всех гидратных форм оксалатов кальция к изменению рН в физиологическом интервале его значений [4].

Однако было установлено, что этот параметр мочи влияет на образование оксалатных камней опосредовано через зависимость строения и реакционной способности белковой компоненты конкрементов от рН. Так, согласно [4] в моче больных с оксалатными (СаОх) и фосфатными (СаРi) камнями, содержащими так называемые кислотостабильные белки, имеющие в своем составе значительное количество остатков сиаловой кислоты, существенно выше, чем в моче больных с мочекислым нефролитиазом. Это обуславливает способность таких протеинов в интервале рН = 5,5-6,5, характерном для мочи людей с вышеуказанными типами камней в почках, выступать в качестве лиганда, образующего с катионами кальция слаборастворимые комплексные соли. Образование слаборастворимых комплексных солей Са с белками обеспечивается также и за счет характерного для кислотостабильных белков значительного содержания в них аспарагиновой и глутаминовой дикарбоновых аминокислот, которые, как известно, обладают выраженными кальций связывающими свойствами.

Кроме этого, в [24] было установлено, что фактором риска образования СаОх камней является также наличие в сыворотке крови людей гаптоглобинов фенотипа Нр 1-1. Это, по-видимому, в конечном итоге также можно свести к химическим причинам. Так, например, известно, что в результате внутрисосудистого гемолиза эритроцитов гемоглобин образует стабильные комплексы 1:1 с молекулами гаптоглобинов. В случае наименьшей молекулярной массы этих комплексов (155 кД при связывании с Нр 1-1), а также при некоторых нарушениях гломерулярного фильтра у больных МКБ, имеет место фильтрация этих комплексов, содержащих в своем составе железо. Наличие таких железосодержащих комплексов в моче служит, в свою очередь, биохимической (химической) "затравкой" для последующего формирования оксалатных камней. Более того, известно, что в состав гаптоглобинов входит также значительное количество остатков сиаловой кислоты, а также двухосновных глутаминовой и аспарагиновой аминокислот [22]. Это является дополнительным мощным и вполне химическим фактором, способствующим образованию камней.

В работе [26] электрофоретически изучено изменение фракционного состава белков от рН среды. На основании этих исследований естественно предположить, что в зависимости от рН разные белки будут образовывать с камнеобразующими веществами комплексы разной прочности и растворимости. Это без сомнения должно отразиться на вероятности камнеобразования.

Таким образом, из анализа литературы можно видеть рН-зависимый характер формирования химического состава (минеральной и органической компонент) почечных камней. Это объясняет высокую диагностическую ценность рН как наиболее емкого и универсального параметра мочи, определяющего направленность различных физико-химических процессов в ней.

Отметим также, что в работах медико-биологической направленности широко обсуждаются также попытки связать наличие камней с повышенной экскрецией в мочу различных камнеобразующих компонентов. Однако оказалось, что сколько-нибудь значительной диагностической ценности подобный подход не представляет. Достаточно сказать, что, например, экскреция Са > 400 мг/сут наблюдается при "гиперкальциурии" только у 25% больных с рецидивными камнями [8], а при "гиперуриемии" экскреция НUr > 800 мг/сут – лишь у 10% больных (в норме экскреция Са²⁺ и НUr составляет 300 + 100 мг/сут. и 760 + 40 мг/сут соответственно [19]). Также отметим, что экскреция НUr > 800 мг/сут наблюдается и у 12% здоровых людей.

В работе [2] показано, что вероятность камнеобразования достоверно коррелирует с концентрацией в моче катионов щелочных и щелочноземельных металлов:

$$\begin{aligned} [\text{HUr}] = & (0.056 \pm 0.015)[\text{K}^+] - (0.009 \pm 0.006)[\text{Na}^+] - (0.157 \pm 0.019)[\text{Ca}^{2+}] + \\ & + (0.041 \pm 0.014)[\text{Mg}^{2+}] + 0.03 \\ R = & 0,786 \end{aligned} \quad (2)$$

По отношению коэффициентов регрессии авторами работы был изучен вклад концентраций этих катионов в вероятность образования уратных камней.

Кроме того, в [2] также представлено уравнение, связывающее концентрацию мочевой кислоты с концентрациями K^+ , Na^+ и общего белка [2], находящихся в растворе. При этом установлено, что наиболее существенный вклад в образование уратных камней все-таки вносит общий белок мочи, хотя вклады K^+ и Na^+ и в этом случае являются значительными (сравни соответствующие коэффициенты в уравнении 3):

$$[HUr] = - (0.041 \pm 0.012)[K^+] + (0.013 \pm 0.03)[Na^+] - (2.92 \pm 1,15)[ОБ] + 8,13 \quad (3)$$
$$R = 0,964$$

Из сказанного следует, что для создания эффективных диагностических тестов определения типов нефролитиаза, прежде всего, необходимо установить количественные закономерности изменения в моче людей наиболее общих физико-химических параметров. Мочу в этом случае следует рассматривать в качестве многокомпонентного раствора электролитов, содержащего в своем составе некоторые количества различных белков. Поэтому ниже кратко рассмотрим наиболее общие закономерности поведения этих веществ в растворах.

Белки и электролиты мочи. Их электрохимические свойства. По данным [38], образование твердой фазы в системах, моделирующих мочу, возможно лишь при некоторых оптимальных концентрациях протеинов. Показано, что при концентрации протеинов в растворах электролитов ниже некоторой критической, камнеобразование в эксперименте не происходит. При концентрации протеинов, превышающей некоторые пороговые значения, формирование твердой фазы в таких системах также не наблюдается. Последнее, по мнению авторов [33], объясняется стабилизацией метастабильной взвеси основного камнеобразующего вещества в условиях общей высокой вязкости раствора.

Найдено, что только при некотором оптимальном содержании общего белка в моче людей (ОБМ), характерном для каждого типа нефролитиаза, идет совместное осаждение уропротеинов и камнеобразующих компонентов с последующим формированием на их основе конкрементов различного химического состава.

В литературе [16] рассматривается два наиболее вероятных пути этого процесса. Согласно первому, центрами кристаллизации являются минеральные "сферолиты" с отчетливо выраженной сферической структурой и поперечными размерами 0,01 и 0,1 мм [14], которые соосаждаются с белковой компонентой.

Структура образующихся таким образом камней характеризуется чередованием минеральных и органических слоев. По второму пути предполагается минерализация белкового сгустка с внутренней полиморфной структурой. В этом случае образуются гомогенные по составу бесструктурные камни [5].

В работе [5] были установлены пределы изменения и характер распределения ОБМ у здоровых людей и больных с камнями различного химического состава в почках.

Из работы [5] видно, что средние значения ОБМ достоверно ($p < 0,03$) различаются для здоровых людей и больных нефролитиазом, а внутри групп больных существенные отличия наблюдаются лишь для больных с $CaOx$ и HUr камнями, с одной стороны, и коралловидными CaP_i камнями, с другой ($p < 0,05$). Отмечается также чрезвычайно высокая дисперсия значений ОБМ, величина которой в некоторых случаях превышает средневзвешенные. Это является отражением значительной асимметрии распределений ОБМ внутри указанных групп людей со стороны больших концентраций белка в моче.

На представленных процентно-нормированных кумулятивных функциях распределения значений ОБМ для здоровых людей и больных нефролитиазом (рис. 2) видно, что кривая распределения для здоровых людей (а) лежит обособленно и характеризуется слабым углом наклона в своей линейной части и слабовыраженной кривизной выше, так называемой, 75-перцентили.

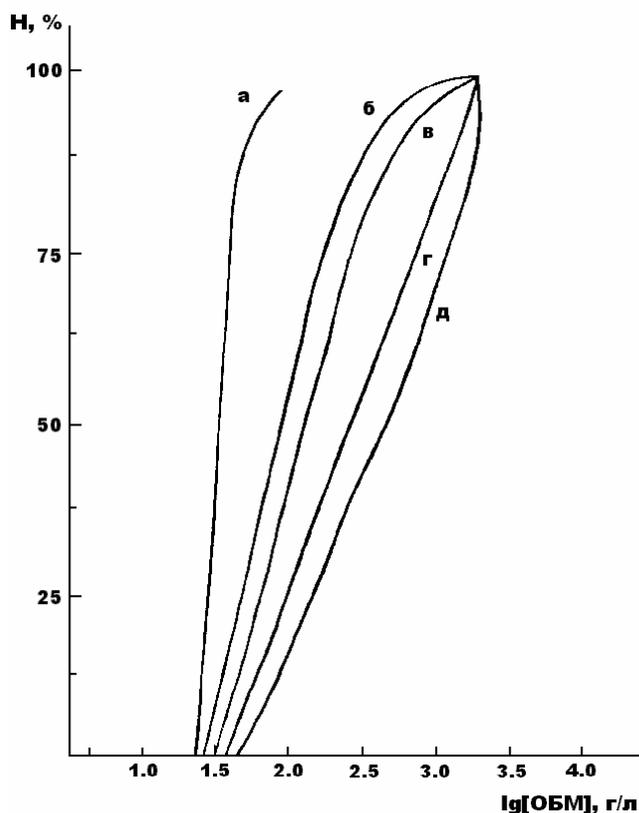


Рис. 2. Процентно-нормированные кумулятивные кривые распределения значений ОБМ для здоровых людей (а), больных с СаОх – камнями (б), НUr – камнями (в), СаРi – камнями (г), коралловидными СаРi камнями (д)

Для больных с различными типами нефролитиаза отличия максимально выражены именно для 75-перцентиля, при которой значения ОБМ соотносятся как 1 : 1,6 : 4,1 : 7,2 для СаОх, НUr, СаРi и коралловидных СаРi камней соответственно.

Следовательно, ОБМ является весьма важным параметром мочи, однако достоверно количественно несвязанным с составом конкрементов в почках людей.

В целом же по данным [36] необходимыми и достаточными условиями образования камней в почках являются:

- 1) наличие в моче микрогетерогенной фазы камнеобразующих компонентов;
- 2) наличие определенным образом денатурированных фибриллярных белков;
- 3) узкий интервал изменения некоторых физико-химических параметров мочи (рН, а также концентрации и соотношения концентраций камнеобразующих компонентов, ингибиторов и промоторов камнеобразования).

Известно, что экспериментально определяемые физико-химические параметры многокомпонентных растворов являются результирующими протекающих в них многочисленных процессов. Поэтому с учетом одновременного присутствия в моче неорганических веществ и органических соединений различной степени сложности, ниже параллельно рассмотрим электрохимические свойства "простых" (малых) электролитов и полиэлектролитов.

Очевидно, что основные электрохимические свойства мочи и ее модельных растворов определяются особенностями биополимерных молекул (прежде всего белков) и состоянием "простых" (малых) электролитов. При этом наиболее характерные свойства растворов белков, нуклеиновых кислот и других биополимеров, способных существовать в растворах в виде ионов, обусловлены, прежде всего, наличием у них высокого ионного заряда [39]. Состояния таких полиэлектролитов в растворах обычно рассматриваются исходя из

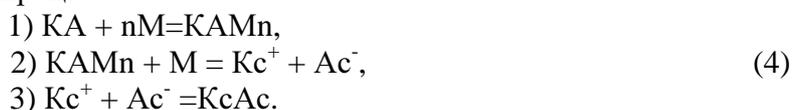
положений, отработанных для "простых" (малых) электролитов [28]. Вместе с этим легко показать принципиальные различия поведения в растворах малых и полиэлектролитов. Так, для малых электролитов возможность диссоциации определяется, как известно, соотношением сил, удерживающих ионы в кристаллической решетке, и сил взаимодействия с растворителем. При этом степень их диссоциации увеличивается по мере разбавления раствора. В то же время, благодаря гибким молекулярным цепям "фиксированные заряды" биополимеров не могут сколько-нибудь значительно удалиться друг от друга в процессе разбавления. В результате этого в разбавленных растворах полиэлектролитов появляются области с высоким локальным электростатическим потенциалом. Вблизи таких областей концентрация противоионов также существенно выше, чем на смежных участках [18]. Сказанное является причиной флуктуации плотности зарядов на определенных участках биополимерных глобул, обусловленных этим флуктуацией концентраций противоионов в растворах. Таким образом, при попытке описания поведения полиэлектролитов представляется некорректным использовать понятие ионной силы.

В случае полиионов с высокой плотностью фиксированных зарядов проблематичным представляется также использование уравнения Дебая-Хюккеля для описания, экранирующего кулоновского потенциала, так как толщина ионной атмосферы в этом случае зачастую превышает расстояние между соседними зарядами макроцепи [27].

Кроме отмеченного выше, в растворах полиэлектролитов в отличие от малых электролитов, даже при значительном разбавлении, коэффициент ионной активности всегда гораздо меньше единицы [13]. Это обусловлено значительным влиянием противоионов тесно связанных в полиионе. При этом полиэлектролиты оказывают сравнительно малое влияние на коэффициенты активности присутствующих в растворах сопутствующих ионов. В результате этого для "смешанных растворов", содержащих небольшие концентрации простых электролитов, коэффициенты ионной активности последних зависят, прежде всего, от распределения электростатического потенциала по объему системы [34]. Действительно, в [23] показано, что влияние полиэлектролита на коэффициенты ионной активности малого электролита в смешанном растворе убывает обратно пропорционально квадрату расстояния между ними. Присутствие малого электролита оказывает слабое влияние на атмосферу из противоионов вблизи сильно заряженной макроцепи [31]. Поэтому активность противоионов в "смешанном растворе" можно, по-видимому, представить как суперпозицию активностей ионных компонентов раствора полиэлектролита без учета вклада ионов малого электролита с одной стороны, и активностей ионов малого электролита без учета вклада ионов полиэлектролита, с другой. Непротиворечивость такой модели в ряде случаев подтверждается экспериментально.

Такая модель адекватно отражает внутренние процессы только в случае фиксированных физико-химических параметров системы. Очевидно, что в случае изменения рН, который влияет на изменение концентраций и соотношение концентраций свободных ионов, полиэлектролитная система переходит в новое состояние. Это рассматривалось на примере положения равновесий между диссоциированной и недиссоциированной формами электролитов, между комплексными ионами и свободными лигандами и др. При этом обычно исходили из того, что равновесия в растворах электролитов являются динамическими, усредненными по времени и объему, а, например, реакционную способность белковых макромолекул в общем случае определяют релаксационные процессы. Кроме того, обычно учитывалось, что отдельные ионы электролитов ассоциируют в ионные двойники и тройники, которые затем диссоциируют на комплексные ионы.

Общую схему процессов, происходящих в растворах электролитов, следует рассматривать как многостадийный процесс:



Для сильных электролитов особую роль играет процесс ассоциации ионов по схеме 3. Его вклад представляется особенно существенным в средах с низкой диэлектрической проницаемостью. Для слабых электролитов, напротив, ведущую роль играют первые два процесса взаимодействия с растворителем М.

Для полиэлектролитов образование ионных пар и комплексных ионов более характерно, чем для малых электролитов. Даже в водных растворах их доля весьма значительна, по сравнению с простыми электролитами. Проявляется также высокая специфичность сил взаимодействия между отдельными компонентами и считается, что ионы противоположного знака, находящиеся на расстоянии меньшем некоторого критического, существуют в растворе преимущественно в виде ионных пар. Это характеристическое расстояние r_{\min} было рассчитано Бьеррумом [9]:

$$r_{\min} = -e \cdot Z_1 \cdot Z_2 / 2D \cdot k \cdot T, \quad (5)$$

где Z_1, Z_2 – заряды ионов, D – коэффициент диффузии, k – константа Больцмана, T – абсолютная температура.

Экспериментальным подтверждением наличия сложных ионов в растворах электролитов является зависимость их электропроводности от концентрации.

Ниже кратко рассмотрим основные закономерности, найденные при изучении электропроводности водных растворов малых и полиэлектролитов, а также их смесей.

Известно, что удельная электропроводность растворов малых электролитов является величиной, обратной их удельному сопротивлению: $1/\rho = \chi$. Зависимость удельной электропроводности от концентрации малых электролитов имеет сложный характер. При этом возрастание функции $[\chi]$ соответствует увеличению числа ионов в растворе по мере роста концентрации. Дальнейшее увеличение концентрации малого электролита способствует сближению ионов и образованию двойников, что на зависимости от $[\chi]$ соответствует убыли функции.

Для бинарного электролита эквивалентная электропроводность определяется [25]

$$\lambda = \alpha (\lambda_+ + \lambda_-) \quad (6)$$

где α – степень диссоциации электролита, а $\lambda_+ = F u_+$ и $\lambda_- = F u_-$ подвижности ионов.

Предельные подвижности ионов в сильно разбавленных растворах зависят от температуры и кристаллографических радиусов ионов. Рост подвижности ионов соответствует увеличению кристаллографического радиуса только до определенного критического значения последнего, а затем при больших собственных размерах ионов падает.

Аномально высокой подвижностью в водных растворах, практически на порядок превышающей подвижности всех остальных ионов, обладают ионы водорода и гидроксила. Это обусловлено особым эстафетным, или гротгусовским, механизмом их перемещения [32].

По такому механизму происходит перемещение OH^- и H^+ и в разбавленных растворах кислот и оснований. При этом, с повышением концентрации растворов кислот доля H^+ , перемещающихся по эстафетному механизму уменьшается, а в более концентрированных растворах щелочей доля OH^- увеличивается для более гидратированных катионов [15].

Для растворов полиэлектролитов общую проводимость также рассматривают как сумму вкладов малых противоионов и полиионов. Подвижность противоионов имеет ту же величину, что и в растворах обычных солей [29]. А подвижность полииона значительно выше в направлении максимального растяжения макроцепи по сравнению с другими направлениями, что является специфической особенностью полиэлектролита.

Для "смешанных растворов" при соотношении концентраций полиэлектролита и малого электролита 1:1, удельная проводимость описывается следующим уравнением:

$$l_{\text{уд.}} = \left(\frac{F}{1000} \right) [m f d_{\alpha} \bar{u}_p + m_s \bar{u}_b + (m_s + m f d_{\alpha}) \bar{u}_0], \quad (7)$$

где mf – молярная концентрация зарядов полииона, m_s – концентрация простого электролита, d_α – доля зарядов противоионов, образующихся при диссоциации полиэлектролита, $\bar{u}_p, \bar{u}_b, \bar{u}_c$ – подвижности полииона, сопутствующего иона и противоиона соответственно.

На подвижность малых ионов неионизированные молекулы полиэлектролита оказывают очень незначительное влияние, даже если макровязкость раствора, описывающая текучие свойства системы в целом, будет значительной, так как изменение скорости диффузии небольшой частицы при столкновении с сегментами макроцепи от длины последней не зависит [30]. Вместе с тем, вблизи полимерной цепи с большим числом ионизированных групп – "фиксированных зарядов" (образующихся, например, при титровании) высокая локальная плотность заряда оказывает влияние на свойства обычных ионов в этом растворе.

Кроме того, уменьшение подвижности ионов простых электролитов и полиионов в реальных растворах происходит, во-первых, за счет электрофоретического запаздывания в виду гидратации ионов, а во-вторых, за счет релаксационного эффекта, обусловленного конечным временем для восстановления ионной атмосферы при движении иона [10]. Так, для малых молекул электролитов было установлено, что 2/3 изменения подвижности обусловлено электрофоретическим эффектом и 1/3 – релаксационным [11]. В то же время для сывороточного альбумина уменьшение скорости электрофореза обусловлено первым эффектом, в то время, как релаксационный эффект в этом играет совсем незначительную роль [11].

Выводы

Таким образом, количественные закономерности изменения рН мочи людей могут быть использованы для создания диагностических тестов определения типов нефролитиаза. Показано, что лишь совместное использование диагностических особенностей рН мочи, характерных для конкретного пациента и для выборки в целом, может существенно повысить достоверность диагностических тестов определения химического состава конкрементов в почках людей.

Список литературы

1. *Билобров В.М.* Биохимические показатели суточной мочи при мочекаменной болезни. – Донецк, 1987. – 17 с. – Деп. в ВНИИМИ 25.06.87 № 13709.
2. *Билобров В.М., Федотова О.О.* Растворение конкрементов из мочевой кислоты в водных растворах // Докл. АН УССР. Сер. Б. – 1990. – № 5. – С. 60-61.
3. *Билобров В.М., Чугай А.В., Единый Ю.Г.* Биохимические особенности среды: химический состав и строение почечных конкрементов // Сб. науч. тр. "Структура органических соединений и механизмы реакций". – К., 1986. – С. 126-157.
4. *Богдан Н.М.* Физико-химические особенности образования и растворения фосфатных почечных конкрементов: Автореф. дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04 / Ин-т физ.-орг. химии и углехимии НАН Украины. – Донецк, 1994. – 16 с.
5. *Мионов О.Л.* Химический состав почечных камней и фракционный состав белков сыворотки крови и мочи: Автореф. дис. ... канд. хим. наук. – Донецк, 1991. – 18 с.
6. *Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. научн. работ / Отв. ред. С.В. Беспалова.* – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 204-213.
7. *Чугай А.В.* Физико-химические основы определения химического состава почечных камней: Дис. ... канд. хим. наук: 02.00.04. – Донецк, 1989. – 198 с.
8. *A biochemical basis for grouping of patients with Urolithiasis / H.G. Tiselius, L.E. Almgard, L. Larson, B. Sorbo // Eur. Urol. – 1978. – Vol. 4, № 4. – P. 241-249.*
9. *Vaccarantonio M., Taparelli F., Pascualironchetti P.* Osteopontin is a constitutive component of normal elastic fibres in human skin and aorta // *Matrix Biology.* – 1995. – Vol. 14, № 7. – P. 553-560.

10. *Baumann J.M., Ackermann D., Affolter B.* The influence of hydroxyapatite and pyrophosphate on the formation product of calcium oxalate at different potts // *Urol. Res.* – 1989. – Vol. 13, №3. – P. 153-155.
11. *Baumann J.M., Affolter B., Brenneisen J., Siegrist H.P.* Measurement of metastability growth and aggregation of calcium oxalate in native urine. A new approach for clinical and experimental stone research // *Urol. Int.* – 1989 – Vol. 59, № 4. – P. 214-220.
12. *Chen R. N., Streem S. B.* Extracorporeal shock wave lithotripsy for lower pole calculi: Long-term radiographic and clinical outcome. // *J. Urol.* – 1996. – Vol. 156, № 5. – P. 1572-1575.
13. *Detection of osteopontin as matrix protein in calcium – containing urinary stones / Yamate T., Umekawa T., Iguchi M. et al.* // *Hinyokika Kyo.* – 1997. – Vol. 43, № 9. – P. 623-627.
14. *Elliot J.S.* Solubility and crystallization in urinary stone research // *Urinary Stone Research Symposium.* – London: Churchill, 1968. – P. 199-207.
15. *Giachelli E.M., Schwartz S.M., Liaw L.* Molecular and cellular biology of osteopontin – potential role in cardiovascular disease // *Trends in Cardiovascular Medicine.* – 1995. – Vol. 5, № 3. – P. 88-95.
16. *Hedelin N., Grenabo L., Petterson S.* Urease induced crystallization in synthetic urine // *J. Urol.* – 1985. – Vol. 133, № 3. – P. 529-532.
17. *Hellstrim P. A., Sanolainen M., Lukkarinen O.* Experiences with mobile extracorporeal shock wave lithotriptors in northern Finland // *Ann. Chir. Gynaecol.* – 1996. – Vol. 85, № 4. – P. 310-314.
18. *Hoyer J.R.* Uropontin in urinary calcium stone formation // *Miner. Electrol. Methabol.* – 1994. – Vol. 20, № 6. – P. 385-392.
19. *Inhibitory activity of human urine on calcium oxalate crystal growth: Effects of sodium urate and uric acid / B. Fellstrom, U. Backman, J. Danielson et al.* // *Clin. Sci.* – 1982. – Vol. 62, № 5. – P. 509-514.
20. *Koga H., Matsuoka K., Noda S.* Cumulative renal damage in dogs by repeated treatment with extracorporeal shock waves // *Int. J. Urol.* – 1996. – Vol. 3, № 2. – P. 134-140.
21. *Lower caliceal stone clearance afetr shock wave lithotripsy or ureteroscopy: the impact of lower pole radiographic anatomy / A.M. Elbahnasy, A. L. Shalhav, D. M. Hoenig et al.* // *J. Urol.* – 1998. – Vol. 159, № 3. – P. 676-682.
22. *Nancollas G. H.* The kinetics of crystal growth and renal stone formation // *Urolithiasis Research / Eds. Fleisch H. et al.* – London: Plenum Press, 1976. – P. 5-23.
23. *Osteopontin is expressed in human aortic valvular lesions / K.D. O'Brien, J. Kuusisto, D.D. Reimchembach et al.* // *Circulation.* – 1995. – Vol. 92, № 8. – P. 2163-2168.
24. *Percutaneous nephro-lithomy results and clinical experience / M.K. Li, M.Y. Wong, K.L. Toh et al.* // *Ann. Acad. Med. Singapore.* – 1996. – Vol. 25, № 5. – P. 683-686.
25. *Posible role of osteopontin in human pilomatricomas / S. Hirota, T. Asada, K. Kohri, Y. Tsukamoto et al.* // *J. Invest. Dermatol.* – 1995. – Vol. 105, № 1. – P. 138-142.
26. *Robertson W.G.* Physical chemical aspects of calcium stone formation in the urinary tract // *Urolithiasis Research / Eds. Fleisch H. et al.* – London: Plenum Press, 1976. – P. 25-39.
27. *Role of nephrocalcin in inhibition of calcium oxalate crystallization and nephrolithiasis / Coe F.L., Nakagawa Y., Asplin J et al.* // *Miner. Electrol. Metab.* – 1994. – Vol. 20, № 6. – P. 378-384.
28. *Rose G.A., Sulaiman S.* Tamm-Horsfall mucoprotein promotes calcium phosphate crystal formation in whole urine: quintitative studies // *Urol. Res.* – 1984. – Vol. 12, № 4. – P. 217-222.
29. *Shared phenotypic expression on osteoblasts and chondrocytes in fracture callus / Hugher S.S., Hicks D.G., Okeefe R.J., Hurwitz S.R. et al.* // *J. Bone and Mineral Res.* – 1995. – Vol. 10, № 4. – P. 533-544.

30. *Simultaneous* measurements of calcium oxalate crystal nucleation and aggregation: Impact of various modifiers / *B. Hess, U. Meinhardt, L. Zipperle, R. Giovannoli et al.* // *Urol. Res.* – 1995. – Vol. 23, № 4. – P. 231-238.
31. *Sorenson E.S., Hoorup P., Petersen T.E.* Post-translational of twenty eight phosphorylation and three o-glycosylation sites // *Protein Sci.* – 1995. – Vol. 4, № 10. – P. 2040-2049.
32. *Su L.C., Mukherjee A.B., Mukherjee B.B.* Expression of antisense Osteopontin RNA inhibits tumor protein-induced neoplastic transformation of mouse JB6 epidermal cells // *Oncogene.* – 1995. – Vol. 10, № 11. – P. 2163-2169.
33. *Sutor D.J., Persival J.M.* An assay method for the measurement of urinary inhibitors of calcium phosphate formation // *Clin. Chim. Acta.* – 1978. – Vol. 89, № 2. – P. 267-272.
34. *Thayer J.M., Giackelli C.M., Mirkes P.E., Schwartz S.M.* Expression of osteopontin in the head process late in gastrulation in the rat // *J. Exp. Zoology.* – 1995. – Vol. 272, № 3. – P. 240-244.
35. *Treatment* of mid and lower ureteric calculi: extracorporeal shock wave lithotripsy as laser ureteroscopy. A comparison of costs, morbidity and effectiveness / *A.F. Bierkens, A.J. Hendrix, J. J. Dela Rosette et al.* // *Brit. J. Urol.* – 1998. – Vol. 81, № 1. – P. 31-35.
36. *Urine* and calculus amino acid in the different types of urolithiasis / *Y.M. Sheker, M.F.S. El-Hawary, M.M. Zahrar et al.* // *Urol. Int.* – 1983. – Vol. 38. – P. 51-54.
37. *Urolithiasis* in horseshoe kidneys: therapeutic management / *A. Lampel, M. Hohenfellner, D. Schultz Lampel et al.* // *Urology.* – 1996. – Vol. 47, № 2. – P. 182-186.
38. *Wemess P.G., Bergert J.H., Lee K.E.* Urinary crystal growth: Effect of inhibition mixtures // *Clin. Sci.* – 1981. – Vol. 61, № 4. – P. 487-491.
39. *Yuzawa M., Tozuka K., Totue A.* Effect of citrate and pyrophosphate on the stability of calcium oxalate dihydrate // *Urol. Res.* – 1998. – Vol. 26, № 2. – P. 83-88.

Богдан Н.М., Хомутова К.В., Христуленко А.О., Єлізаров О.О., Коптильний А.О., Лінник Н.В., Малигін М.С., Білобров В.М. Вплив рН, кінетики його зміни і складу сечі на процеси каменеутворення. – Подано докладний аналіз динаміки зміни рН сечі здорових людей і хворих сечокам'яною хворобою (СКХ) з конкрементами різного хімічного складу. Показано рН-залежний характер складу (мінеральної й органічної компоненти) ниркових каменів. Розглянуто електрохімічні властивості білків і деяких електролітів сечі. Зроблено висновок, що кількісні закономірності зміни рН сечі людей можуть бути використані для створення діагностичних тестів визначення типів нефролітіазу.

Ключові слова: кінетика зміни рН сечі, сечокам'яна хвороба, хімічний склад конкрементів.

Bogdan N.M., Khomutova E.V., Cyrstulenko A.A., Jelisarov A.O., Koptilny A.A., Linnik N.V., Malygin M.S, Bilobrov V.M. Influence pH, kinetics of its change and composition of urine on processes of a lithogenesis. – The detailed analysis speakers of change pH of urine of the healthy people and patients by a urolithiasis with concrements of various chemical composition is given. The pH-dependent character of composition (mineral and organic builders') renal stones is shown. The electrochemical properties of protein and some electrolytes of urine surveyed. The deduction is made that the quantitative legitimacies of change pH of urine of the people can be utilised for making trouble-shooting tests of type definition of a nephrolithiasis.

Key words: kinetics of change pH of urine, urolithiasis, chemical composition of concrements.

Н.В. Говта, В.А. Максимович
ЭКОЛОГИЯ И ПСИХИКА

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: nvgovta@mail.ru

Говта Н.В., Максимович В.А. Экология и психика. – Рассмотрен новый подход к изучению психики человека и последствий действия на нее неблагоприятной экологии на основе векторного и тензорного исчисления.

Ключевые слова: экология, психика, вектор, тензор, спинор.

Введение

На основе биофизически смоделированной ситуации в мире не было обнаружено ни одного сколько-нибудь оптимистического прогностического сценария [2]. Показано, что экология пагубно воздействует на показатели жизнеспособности биологических организаций: особей, популяций, биоценозов [3]. Этот анализ инициировал формирование научно-практической программы [1] создания комплекса биотехнологий для нормализации экологии в техногенно трансформированных регионах, на примере Донбасса. Важнейшим доводом ее актуальности служит то, что заболеваемость и смертность населения Донбасса достигли самых высоких уровней в Украине [9, 3]. В.А. Максимович, Н.В. Говта [17] обнаружили, что сдвиги жизнеспособности начинаются в молодом возрасте и прежде всего страдает психика. С помощью факторного анализа было выявлено в психике два главных комплексных фактора, которые являются "жертвой" экологического вреда [4, 6]:

операционный, включающий векторы внимания, принятия решений и надежности;

адапто-мнемический, включающий векторы адаптивности и памяти.

Действия и взаимодействия названных двух комплексных факторов, очевидно, направляются и контролируются третьим – управляющим (мотивирующим). Он образован двумя сложными векторными структурами: генеральной доминирующей мотивацией личности и ее текущей доминирующей мотивацией, отвечающей сиюминутной потребности.

Генеральная мотивация обобщает три пары оппонентных сферических координат, отображающих индивидуальную акцентуированную устремленность субъекта к "созиданию – разрушению", "материальности – духовности", "свободе – подчинению" в виде уникальной числовой оценки. Текущая мотивация создается в психике на базе вероятностных оценок внешних возможностей удовлетворения возникшей потребности конкретными целевыми объектами, рефлексивных вероятностных самооценок собственных сил в достижении целевого объекта и силы предсказываемого (ожидаемого) эмоционального удовлетворения от достижения цели.

Вышеизложенное привело к гипотезе, что выявленные три атрибутивных комплексных фактора психики можно представить тензорами с последующим применением его аналитического аппарата для выявления соответствующих закономерностей.

Возник вопрос, как в норме и при экологически вредных влияниях взаимодействуют указанные векторы внутри каждого фактора, образуя соответствующие тензоры, как в свою очередь они взаимодействуют в сочетании с управляющим (мотивационным) тензором? Поиск ответа на эти вопросы и послужил целью данной работы.

Материалы и методы исследования

Компьютерными методами были исследованы нижеприведенные психические показатели у 100 студентов (1-5 курсов) биологического факультета в возрасте от 18 до 23 лет [8, 14].

Вначале представим введенные тензоры, составляющие их векторы и компоненты – первично измеряемые психические показатели этих векторов. Последовательно охарактеризуем их. Рассматриваются следующие тензоры (T_i).

I. Операционный тензор третьей валентности:

$$T_{123} = (\Theta_1, \Theta_2, \Theta_3), \quad (1)$$

в котором Θ_1 – вектор функционирования внимания; Θ_2 – вектор принятия решений; Θ_3 – вектор надежности системы.

II. Адапто-мнемический тензор второй валентности:

$$T_{45} = (\Theta_4, \Theta_5), \quad (2)$$

в котором Θ_4 – вектор адаптации; Θ_5 – вектор памяти.

III. Управляющий (мотивационный) тензор второй валентности;

$$T_{67} = (\Theta_6, \Theta_7), \quad (3)$$

в котором Θ_6 – вектор генеральной доминирующей мотивации; Θ_7 – вектор текущей доминирующей мотивации.

Приведем главные компоненты, входящие в векторы тензоров.

Θ_1 – (вектор внимания) включает: Θ_{11} – концентрация внимания; Θ_{12} – переключение внимания; Θ_{13} – распределение внимания; Θ_{14} – устойчивость внимания.

Подробнее о компонентах внимания, их взаимосвязи, моделировании речь шла в публикации В.А. Максимовича и соавт. [18].

Θ_2 – (вектор принятия решений) включает: Θ_{21} – темп решения простых задач; Θ_{22} – темп решения сложных задач; Θ_{23} – темп перестройки на решение внеочередных задач; Θ_{24} – темп поиска нового класса решений.

Подробнее о компонентах принятия решений, их взаимосвязи и моделировании речь шла в публикации В.А. Максимовича и соавт. [19].

Θ_3 – (вектор надежности) включает: Θ_{31} – вероятность готовности к деятельности в любой текущий момент времени без дополнительной настройки; $\Theta_{32} = 1 - p_{32}$, где p_{32} – вероятность возникновения самоустраняющихся отказов (сбоев) первого рода, автоматически самоликвидируемых субъектом; $\Theta_{33} = 1 - p_{33}$, где p_{33} – вероятность возникновения отказов (сбоев) второго рода, ликвидируемых персоналом (экспериментатором, учителем, пр.); $\Theta_{34} = 1 - p_{34}$, где p_{34} – вероятность отказов (сбоев) третьего рода, требующих вмешательства специалистов (медиков, психологов и пр.).

Θ_4 – (вектор адаптации) включает: Θ_{41} – адаптацию к простым задачам; Θ_{42} – адаптацию к сложным задачам; Θ_{43} – адаптацию к задачам с альтернативным выбором; Θ_{44} – адаптацию к задачам с помехами.

Θ_5 – (вектор памяти) включает: Θ_{51} – память кратковременную слуховую; Θ_{52} – память кратковременную зрительную; Θ_{53} – память оперативную; Θ_{54} – память долговременную.

Θ_6 – (вектор текущей доминирующей мотивации) включает: Θ_{61} – вероятностное оценивание внешней обстановки; Θ_{62} – вероятностное оценивание собственных возможностей; Θ_{63} – эмоциональная оценка.

Θ_7 – (вектор генеральной доминирующей мотивации) включает: Θ_{71} – мотивацию на разрушение-созидание; Θ_{72} – мотивацию на духовность-материальность; Θ_{73} – мотивацию на свободу-подчинение.

Психические показатели (компоненты) определяли следующими методами.

Концентрацию внимания – по [14]; переключение внимания – по [15, 14]; распределение внимания – по [15, 18]; кратковременную зрительную и слуховую память – по [22]; адаптацию – по [29]; принятие решений – по [19]; генеральную и текущую доминирующую мотивацию – по [7].

Расчеты результатов проводили по методу тензорного анализа Крона [27], векторного анализа [12] на базе математического пакета Matlab 7.0.1, а также лицензионного пакета программ для статистических расчетов MedStat.

Результаты исследований

В предыдущих публикациях [5, 17] были установлены величины изменения ряда психических показателей под влиянием хронического вредного экологического воздействия.

Сейчас нас интересует, в результате каких внутриспсихических актов подобное могло произойти. В табл. 1 представлены прежние и дополнительные показатели указанных информативно значимых последствий влияния экологии на психику. Но поскольку нужно было выявить обобщенные сдвиги, например, внимания как такового, а не отдельных его граней (компонентов), входящих в однострочную (одностолбцовую) матрицу, то рассчитывали ее след [13]. К таким матрицам более подходит последний, чем определитель [12]. Затем конкретные психофизические измерения перевели в безразмерную шкалу (0...1). Хотя при этом терялась специфика показателей и связанная со спецификой конкретная численная величина, зато достигалась однотипность, облегчающая обнаружение закономерностей совместных актов с их численным выражением! Аналогичные процедуры, как видно из табл. 1, были проведены со всеми иными векторами: принятия решений, надежности, адаптивности, памяти и др.

В результате получены обобщенные характеристики в виде следов всех векторов у лиц, проживавших в относительно более благоприятных (обычных, контрольных) и у лиц, длительно проживавших (более 10 лет) в неблагоприятных экологических условиях. Сравнение следов матриц соответствующих векторов, представленных в столбцах 6-8, приводит к заключению, что вредная экология существенно их ухудшила.

Рассмотрим процесс агрегирования векторов в соответствующие тензоры. Во введении данной статьи приведены основания выделения в психике трех тензоров: операционного, адапто-мнемического и управляющего, в том числе первыми двумя.

Для более наглядного восприятия агрегированные векторы в соответствующие тензоры представлены внутри гипотетической сферы на рис. 1.

Для расчета тензоров необходимо было оперировать совокупностью всех компонентов векторов. Предварительно каждый из входящих в тензоры вектор, отражаемый матрицей его компонентов, для наглядного представления и проникновения вглубь изучаемых процессов был переведен в матрицу Крона. Это вызвано тем, что лишь матрицы Крона правомерны для любого пространства, о характере которого заранее неизвестно, хотя можно догадываться, предполагать [11, 13, 24]. Покажем это на примере матрицы внимания (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что исходная матрица представлена в виде тетраэдра в пространстве, на вершинах которого расположены компоненты матрицы внимания (Θ_{11} , Θ_{12} , Θ_{13} , Θ_{14}), а нижняя грань с вершиной (Θ_N) соответствует количеству проведенных измерений (строки компонентов матрицы). После операции преобразования исходной матрицы в матрицу Крона расположение ее компонентов поменяло свою внутреннюю организацию в пространстве.

Аналогичные процедуры были проведены со всеми исследуемыми матрицами: принятия решений, памяти, адаптивности и т.д.

Таблица 1

Средние значения векторов и их компонентов ($X \pm m$)

Символ вектора	Вектор	Компоненты вектора	Символ компонента	Контрольная группа		След вектора (trase) в контрол. группе	Экспериментальная группа		След вектора (trase) в эксперим. группе	Коэффициент гомотетии
				измеренные величины	величины в шкале 0...1		измеренные величины	величины в шкале 0...1		
Θ_1	Внимание	Концентрация	Θ_{11}	79±1,3	0,79±0,01	0,81	42±4,2	0,42±0,04	0,45	0,53
		Переключения	Θ_{12}	82±2,6	0,82±0,02		51±3,4	0,51±0,03		0,62
		Распределения	Θ_{13}	84±2,9	0,84±0,02		40±6,3	0,40±0,06		0,47
		Устойчивость	Θ_{14}	85±3,2	0,85±0,03		37±5,1	0,37±0,05		0,43
Θ_2	Принятие решений	Среднее время простых задач	Θ_{21}	31±2,3	0,31±0,02	0,37	52±6,2	0,52±0,06	0,57	0,34
		Среднее время сложных задач	Θ_{22}	41±6,1	0,41±0,06		61±5,2	0,61±0,05		0,52
		Время перестройки на внеочередные задачи	Θ_{23}	36±3,6	0,36±0,03		69±3,1	0,69±0,03		0,42
		Поиск нового класса решений	Θ_{24}	42±2,2	0,42±0,02		56±3,2	0,56±0,03		0,72
Θ_3	Надежность	Готовность к деятельности в любой текущий момент времени без дополнительной настройки	Θ_{31}	63±5,2	0,63±0,05	0,66	32±3,0	0,32±0,03	0,34	0,50
		Возникновение самоустраивающихся отказов (сбоев) первого рода, автоматически самоликвидируемых субъектом	Θ_{32}	73±3,2	0,73±0,03		39±2,1	0,39±0,03		0,53
		Возникновение отказов (сбоев) второго рода, ликвидируемых персоналом (экспериментатором, учителем, пр.)	Θ_{33}	77±4,2	0,77±0,04		44±6,3	0,44±0,06		0,57
		Отказ (сбой) третьего рода, требующий вмешательства специалистов (медиков, психологов и пр.)	Θ_{34}	81±3,2	0,81±0,03		49±3,2	0,49±0,02		0,60
Θ_4	Память	Кратковременная слуховая	Θ_{41}	73±2,7	0,73±0,02	0,82	42±8,2	0,42±0,08	0,45	0,57
		Кратковременная зрительная	Θ_{42}	66±4,7	0,66±0,04		44±3,2	0,44±0,03		0,66
		Оперативная	Θ_{43}	78±2,1	0,78±0,02		36±3,2	0,36±0,02		0,46
		Долговременная	Θ_{44}	82±7,2	0,82±0,07		47±6,3	0,47±0,06		0,57
Θ_5	Адаптация	К простым задачам	Θ_{51}	72±6,3	0,72±0,06	0,81	31±4,0	0,31±0,04	0,34	0,43
		К сложным задачам	Θ_{52}	83±9,2	0,83±0,09		25±3,2	0,25±0,03		0,30
		К задачам с альтернативным выбором	Θ_{53}	82±7,2	0,82±0,07		48±4,0	0,48±0,04		0,58
		К задачам с помехами	Θ_{54}	83±3,2	0,83±0,03		44±2,6	0,44±0,02		0,53
Θ_6	Текущая доминирующая мотивация	Вероятностное оценивание внешней обстановки	Θ_{61}	81±4,6	0,81±0,04	0,86	44±6,1	0,44±0,06	0,46	0,54
		Вероятностное оценивание собственных возможностей	Θ_{62}	87±5,1	0,87±0,05		48±2,1	0,48±0,02		0,55
		Эмоциональная оценка	Θ_{63}	73±1,7	0,73±0,01		39±2,7	0,39±0,02		0,53
Θ_7	Генеральная доминирующая мотивация	Мотивация к созиданию-разрушению	Θ_{71}	77±5,2	0,77±0,05	0,79	31±2,4	0,31±0,02	0,37	0,40
		Мотивация к свободе-подчиненности	Θ_{72}	93±2,7	0,93±0,02		56±6,0	0,56±0,06		0,60
		Мотивация к духовности-материальности	Θ_{73}	88±3,2	0,88±0,03		51±3,2	0,51±0,03		0,57

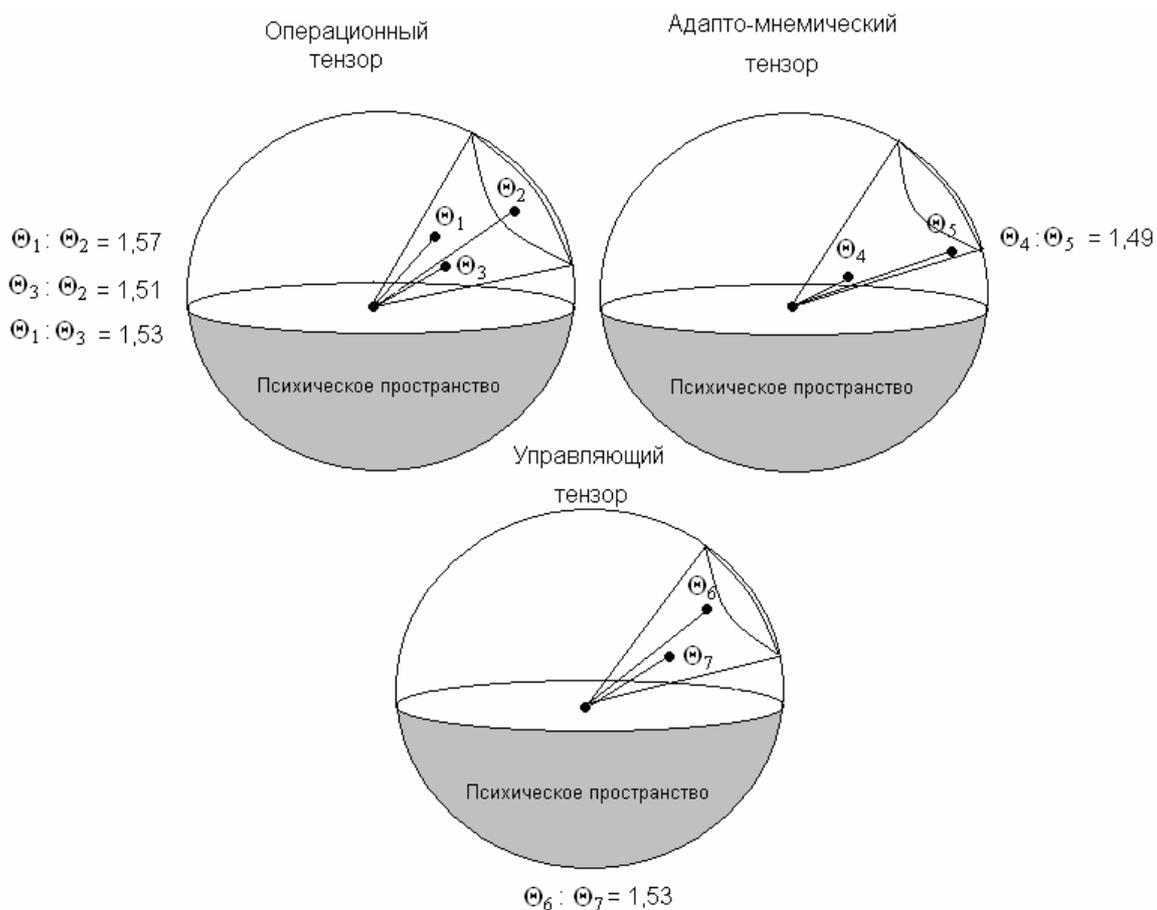


Рис. 1. Расположение векторов и расстояние между ними в психическом пространстве (контрольная группа)

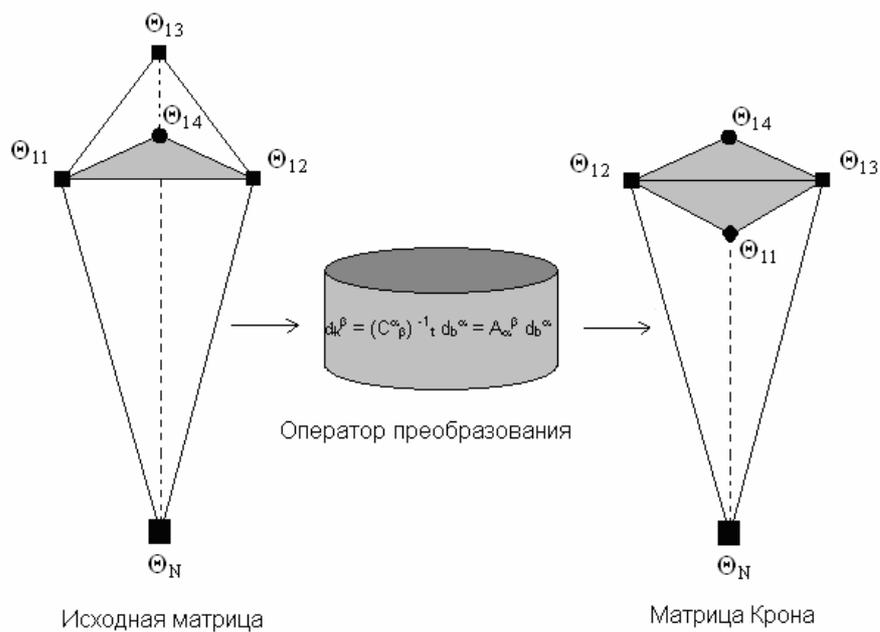


Рис. 2. Переход к матрицам Крона (на примере внимания для контрольной группы)

Для оценки содействия психических векторов в пространстве методом тензорного исчисления [25]

$$\Theta_{a...b}^{i...j} = \sum \Theta_{e...d}^{r...s} \frac{\partial \Theta^i}{\partial \Theta^r} \cdots \frac{\partial \Theta^j}{\partial \Theta^s} \cdot \frac{\partial \Theta^c}{\partial \Theta^a} \cdots \frac{\partial \Theta^d}{\partial \Theta^b} \quad (4)$$

были получены численные характеристики тензоров, как для контрольной, так и для экспериментальной групп. Их следы представлены в табл. 2.

Таблица 2

Численные величины следов тензоров

Следы тензоров	
В обычных условиях	В неблагоприятных условиях
$\Gamma_{123}^0 = 0,64$	$\Gamma_{123}^H = 0,42$
$\Gamma_{45}^0 = 0,58$	$\Gamma_{45}^H = 0,35$
$\Gamma_{67}^0 = 0,83$	$\Gamma_{67}^H = 0,62$

Агрегации тензоров и их расположение в психическом пространстве относительно друг друга для контрольной и экспериментальной групп представлены на рис. 3. Они даны в виде конусов, отражающих часть полной гиперсферы психического пространства.



Рис. 3. Модель психического пространства и изменение внутри ее тензорных конусов при действии неблагоприятной экологии

На рис. 3 в конусе справа расположены три тензора (Γ_{123}^0 , Γ_{45}^0 , Γ_{67}^0), отображающие основные комплексные психические факторы, наблюдаемые у людей, проживавших в обычных (более благоприятных) экологических условиях. На этом же рисунке в конусе слева расположены три тех же тензора (Γ_{123}^H , Γ_{45}^H , Γ_{67}^H), но которые отображают основные комплексные психические факторы, наблюдаемые у лиц, длительно проживавших (более 10 лет) в неблагоприятных экологических условиях.

Как видно, все тензоры (следы) левого конуса короче тензоров (следов) правого конуса. Это иллюстрирует факт неблагоприятного воздействия экологии. Кроме этого, имеется тенденция к увеличению расстояния между тензорами, что может говорить об ослаблении сил взаимосвязи между комплексными психическими факторами в психическом пространстве.

Однако, прежде чем приступить к дальнейшему анализу изменений в психике, представляется необходимым рассмотреть современные взгляды на операции в сложных системах, в том числе в психике.

Операцией будем называть преобразование объекта A в объект A^* . Объект A именуется прообразом, применительно к психике – сенсорным прообразом или прообразом представления, а объект A^* – образом. Геометрические (математические) преобразования – это операции, с помощью которых каждую точку объекта-прообраза (в частности фигуру) смещают так, чтобы получить объект-образ.

Одна из операций – это движение в узком его смысле как перемещение в окружающем пространстве всего объекта в целом, без изменений внутренних расстояний между его точками.

Операции подразделяют на элементарные и композиционные, т.е. составные из элементарных. Первой элементарной операцией можно назвать тождественную (единичную). В результате, образ объекта полностью совпадает с прообразом, объект, по сути, не меняется, остается прежним, сохраняется, инвариантен по отношению к примененному преобразованию. Математически тождественное преобразование есть вариант гомотетии (элементарного вида подобности), когда масштабный коэффициент преобразования равен единице, $k = 1$.

Второй элементарной операцией следует назвать гомотетию, при которой расстояние между всеми точками объекта либо увеличивается в соответствии с масштабным коэффициентом $k > 1$, либо уменьшается при коэффициенте $k < 1$. Фактически операцию гомотетии мы ранее анализировали. Исследуя векторы психики и образующие их компоненты, были представлены экспериментальные результаты количественного характера (см. табл. 1) о том, что коэффициенты гомотетии уменьшались ($k < 1$) под влиянием вредной экологии. В работе [6] при факторном анализе было показано, что со стороны других переменных психики достоверных изменений не наступило, они остались тождественными, что математически можно расценивать как равенство коэффициентов гомотетии единице, $k = 1$.

Третьей элементарной операцией считают трансляцию (перенос), например, линий внутри объекта. К этой операции в дальнейшем мы вернемся! Четвертой элементарной операцией служат повороты. Перечисленные элементарные операции не исчерпывают перечня, но первостепенны как азбука для слов. Их обобщением являются преобразования симметрии (συμμετρία – греч. совместимость, пропорциональность).

Элементарные операции объединяются в сложные, составные, именуемые композициями. При взаимодействиях двух и более объектов происходят обоюдные (n -юдные) операции движений-преобразований.

В книге М.М. Мурача [23] изложены группы преобразований, присущие движениям 1-го и 2-го родов, законы композиции, особенности пространственных движений и многие другие полезные сведения. В частности, он приводит теорему о том, что любое пространственное движение можно представить как композицию не более 4-х симметрий: скольжения, поворота, зеркальной и винтовой, состоящих из элементарных операций. Такой методологический вывод позволяет начинать исследование операций с элементарных.

В предыдущих исследованиях охарактеризованы некоторые операции и их изменения в психике при действии вредной экологии. Но не охарактеризовано изменение поворотной операции. Поворотные операции применительно к столь сложным явлениям как психика, не могут быть описаны (смоделированы) в действительных числах. Для этого более подходит алгебра комплексных чисел, особенно спиноров.

Закономерности сжатия тензоров и количественно не установленная, но достоверная тенденция их расхождения при действии экологии не проясняют до конца динамику изучаемых явлений. Это понятно и объясняется следующим.

Примененные ранее модели пригодны для отображения дискретно-статических явлений. Для динамических, включающих и повороты, математика предлагает спиноры [26].

Они опираются на поле комплексных, в том числе гиперкомплексных, а не действительных чисел. Поэтому каждый компонент и состоящий из компонентов каждый вектор необходимо было перевести в комплексное представление. Технология получения из вектора (Θ_i) спинора ($\bar{\Theta}_i$) символически выглядит следующим образом (на примере вектора внимания):

$$\Theta_1 = \left\| \begin{array}{cc} \Theta_{11} & \Theta_{12} \\ \Theta_{13} & \Theta_{14} \end{array} \right\| \longrightarrow \bar{\Theta}_1 = \left\| \begin{array}{cc} \bar{\Theta}^{11} & \bar{\Theta}^{12} \\ \bar{\Theta}^{13} & \bar{\Theta}^{14} \end{array} \right\| \quad (5)$$

Компоненты вектора преобразуются в спинор по формуле:

$$\bar{\Theta}_1 = \alpha\Theta^{11} + \beta\Theta^{12} + \gamma\Theta^{13} + \delta\Theta^{14} \quad (6)$$

где

$$\begin{aligned} \alpha &= \lambda + i\mu \\ \beta &= v + i\rho \\ \gamma &= q + i\tau \\ \delta &= k + i\varphi \end{aligned} \quad (7)$$

В уравнении (7)

$$\lambda = \cos \frac{\omega}{2}; \mu = \sin \frac{\omega}{2} \cos \chi_1; v = \sin \frac{\omega}{2} \cos \chi_2; \rho = \sin \frac{\omega}{2} \cos \chi_3; \gamma = \sin \frac{\omega}{2} \cos \chi_4. \quad (8)$$

λ, v, q, k – величины компонентов; μ, ρ, τ, φ – углы наклона компонентов ($\bar{\Theta}^{11}, \bar{\Theta}^{12}, \bar{\Theta}^{13}, \bar{\Theta}^{14}$) к плоскости горизонтальной проекции; ω – угол наклона интегральной оси спинора к условно горизонтальной проекции.

Приведенными последовательными процедурами, отображенными уравнениями (5)...(8), передана технология перевода одного вектора (в данном случае внимания) в спинор. Его называют спинором 1-й валентности. Но у нас в выделенных трех тензорах содержится 7 векторов. Поэтому аналогичные процедуры были проведены со всеми исследуемыми показателями (памяти, принятие решений, адаптации, надежности и т.д.) – компонентами всех 7-ми объединяющих их векторов.

Поскольку спиноры ($n = 7$) задаются компонентами n – комплексных векторов, в данном случае векторами психических показателей

$$(\bar{\Theta}_1, \bar{\Theta}_2, \bar{\Theta}_3 \dots \bar{\Theta}_n), \quad (9)$$

то были получены спиноры 7^й валентности для психических показателей людей.

На рис. 4 приведены расчетные результаты спиноров у лиц, проживавших в обычных условиях ($\bar{\Theta}^O$), и у лиц, проживавших в неблагоприятных условиях ($\bar{\Theta}^H$).

Как видно из рис. 4, под влиянием экологических условий спинор повернулся на угол 100° от его направленности в обычных условиях, на рисунке он представлен сплошной линией в правом квадранте плоской проекции, в которой он находился под углом 60° от горизонтальной оси.

Выделенный спинор, как и ранее рассматриваемые 7 векторов и 3 тензора из них, не охватывает всю психику, а извлекает из нее часть, атрибутивную для данной задачи, но часть – *тантьему* (франц. неотделимая часть) психики. Вышеприведенными исследованиями показано, что тантьема вращается как в обычных условиях, так и в неблагоприятных, но в последнем случае со значительным сдвигом на (100°) интегральной оси ее вращения.

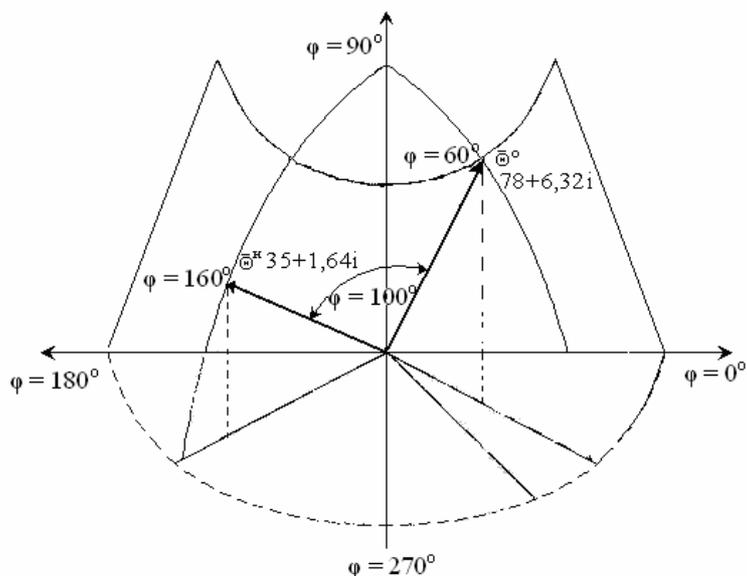


Рис. 4. Сравнение спиноров психических показателей у лиц, проживавших в обычных и неблагоприятных экологических условиях

Возникает два варианта объяснения этого явления. Первый допускает, что спинор имеет самопричину движения, о которой в философском плане говорил еще Барух Спиноза, с чем соглашался Эйнштейн. Второй вариант допускает, что структура психического пространства такова, что вынуждает двигаться по сложной траектории образовавшуюся в ней тантьему. В пользу второго предположения, не отвергая первого, свидетельствует содержание публикации о сенсорных кватернионах [21]. При поступлении в психику сенсорных кватернионов они с помощью версоров – аналогов спинорных вращателей, поворачиваются так, чтобы можно было их сопоставить с эталонными образами памяти, опознать и идентифицировать.

В сдвиге же интегральной оси вращения анализируемого спинора психики мы склонны видеть суть пагубного влияния экологии. Можно ожидать его проявления в результатах умственного труда, на выяснение чего будет направлена одна из ветвей дальнейших исследований.

Ранее было сказано, что рассматриваемый спинор с вложенным в него психосодержанием является лишь некоторой частью, тантьемой психики. Естественно, спинор в целом или его функциональные составляющие могут взаимодействовать с другими аналитически выделяемыми образованиями психики. В этом смысле спинор или его потенциальные партнеры предварительно должны сдвинуться, переместиться друг к другу. Такую операцию именуют переносом, трансляцией.

В многомерной квазиримановой системе, с которой уподобляется психика [20], координаты меняются от точки к точке. В ней расстояние определяется как квадрат интервала между двумя бесконечно близкими точками $P(x)$, $P(x+dx)$. Величина ds^2 есть квадратичная форма разностей координат.

$$ds^2 = \bar{\Theta}_{ij} d\bar{\Theta}^i d\bar{\Theta}^j \quad (10)$$

$$\bar{\Theta}_{ij} = \bar{\Theta}_{ji}(P) \quad (11)$$

Трансляционный сдвиг этих точек в пространстве задается с помощью коэффициента Кристоффеля:

$$[\Gamma_{ij}^k]_{i,j,k=1,2,\dots,n} \quad (12)$$

$$\Gamma^k_{ij} = \frac{1}{2} \bar{\Theta}^{kl} \left(\frac{\partial \bar{\Theta}_{jl}}{\partial x^i} + \frac{\partial \bar{\Theta}_{il}}{\partial x^j} - \frac{\partial \bar{\Theta}_{ij}}{\partial x^l} \right) \quad (13)$$

Для рассматриваемого нами случая 7-ми векторного спинора уравнение (13) преобразуется в следующее:

$$\Gamma^k_{\bar{\Theta}_+} = \frac{1}{2} \bar{\Theta}_{\Sigma}^{k, \bar{\Theta}_1, \bar{\Theta}_2, \bar{\Theta}_3} \left(\frac{\partial \bar{\Theta}_{123}}{\partial x_{\bar{\Theta}_i}} + \frac{\partial \bar{\Theta}_{45}}{\partial x_{\bar{\Theta}_j}} - \frac{\partial \bar{\Theta}_{67}}{\partial x_{\bar{\Theta}_l}} \right) \quad (14)$$

$\Gamma^k_{\bar{\Theta}_+}$ – коэффициент Кристоффеля; $\bar{\Theta}_{\Sigma}$ – интегральный спинор; $\bar{\Theta}_{123}$, $\bar{\Theta}_{45}$, $\bar{\Theta}_{67}$ – спиноры, соответствующие компонентам 1, 2, 3-го тензорам; $\partial \bar{\Theta}_{i,j,l}$ – производные спиноров по соответствующим комплексным векторам.

Для расчета численных величин коэффициента Кристоффеля необходимо иметь ввиду, что спиноры в уравнении (14) различны по величине для обычных и неблагоприятных условий проживания людей. Поэтому уравнения (14) будет иметь два варианта:

$$\Gamma^k_{\bar{\Theta}_+^o} = \frac{1}{2} \bar{\Theta}_{\Sigma}^{ok, \bar{\Theta}_1^o, \bar{\Theta}_2^o, \bar{\Theta}_3^o} \left(\frac{\partial \bar{\Theta}_{123}^o}{\partial x^{\bar{\Theta}_i^o}} + \frac{\partial \bar{\Theta}_{45}^o}{\partial x^{\bar{\Theta}_j^o}} - \frac{\partial \bar{\Theta}_{67}^o}{\partial x^{\bar{\Theta}_l^o}} \right) \quad (15)$$

$$\Gamma^k_{\bar{\Theta}_+^n} = \frac{1}{2} \bar{\Theta}_{\Sigma}^{nk, \bar{\Theta}_1^n, \bar{\Theta}_2^n, \bar{\Theta}_3^n} \left(\frac{\partial \bar{\Theta}_{123}^n}{\partial x^{\bar{\Theta}_i^n}} + \frac{\partial \bar{\Theta}_{45}^n}{\partial x^{\bar{\Theta}_j^n}} - \frac{\partial \bar{\Theta}_{67}^n}{\partial x^{\bar{\Theta}_l^n}} \right) \quad (16)$$

В (15) и (16) верхний индекс (о) – соответствует обычным экологическим условиям, а верхний (н) – неблагоприятным экологическим условиям.

Расчет на компьютере показал, что в обычных экологических условиях коэффициент Кристоффеля равен $57,8+0,07i$, т.е. практически достаточно действительных чисел, чтобы отобразить осуществляющиеся перемещения (трансляцию) психических образований от точки к точке. Для психики лиц, длительно проживавших во вредных экологических условиях, коэффициент Кристоффеля оказался равным $21,3+3,29i$. По действительной координате он более чем наполовину уменьшился, что, по нашему мнению, свидетельствует о меньшей переместительной (трансляционной) силе. Но появилась выраженная мнимая координата, что гипотетически может быть связано с влиянием на него изменившейся кривизны психического пространства. Для проверки возникшей гипотезы был рассчитан коэффициент изменения кривизны по уравнению [12, 26]:

$$K^j_{ir} = \frac{\partial \Gamma^j_{iq}}{\partial x^{\bar{\Theta}}} - \frac{\partial \Gamma^j_{iq}}{\partial x^{\bar{\Theta}}} + \Gamma^k_{iq} \Gamma^j_{kr} - \Gamma^k_{ir} \Gamma^j_{kq} \quad (17)$$

Расчет показал, что коэффициент изменения кривизны составил $47,2+1,04i$. Это может свидетельствовать об изменении кривизны психического пространства, что естественно, более широкий и серьезный симптом, чем другие, освещенные ранее.

Выводы

1. Средствами современного математического анализа (факторного, векторного, матриц Крона, тензорного, спинорного) удалось выявить последствия вредного влияния экологии Донбасса на конкретные характеристики психики: следы векторов внимания, принятия решений, надежности, адаптивности, памяти и т.д., объединенных в тензоры и соответствующие спиноры, коэффициента Кристоффеля и изменение кривизны психического пространства.

2. Вредное влияние экологии проявилось в гомотетическом сжатии векторов и тензоров ряда показателей психики (масштабные коэффициенты: для векторов составили $K = 0,30 - 0,72$, для тензоров $K = 0,35 - 0,83$), в сдвиге на 100° интегральной оси спинора, в

изменении коэффициента Кристоффеля с $57,8+0,07i$ до $21,3+3,29i$ и кривизны психического пространства равной $47,2+1,04i$.

3. Поскольку экологическая детерминация указанных в выводах 1 и 2 явлений составила 50% ($D=0,50$), а в психическом пространстве достоверно пострадавшими выявлены не все компоненты, то возникают настоятельные задачи поиска оставшихся неизвестных причинно-следственных отношений за указанными исследованными границами.

Список литературы

1. Беспалова С.В. Биотехнологии для нормализации экологии (Программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10-21.
2. Беспалова С.В., Максимович В.А. Интегральная экология. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 11-15.
3. Беспалова С.В., Максимович В.А. Биологическая экология: Моделирование жизнеспособности биотических организаций. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – С. 11-18.
4. Беспалова С., Говта М. Вплив екологічних умов на психофізичні показники студентів біологічного факультету // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – Т. 9. – С. 160-169.
5. Говта Н.В. Состояние психофизиологических показателей студентов, проживающих в Донецкой области (оценка и коррекция) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 226-235.
6. Говта М. Вплив екологічно забрудненого довкілля на психічний стан студентів Донбасу // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2006. – Т. 9.
7. Говта Н.В., Максимович М.В. Мотивация и экология // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2006. – Вып. 6.
8. Горещкий О.С., Максимович В.О., Солдак І.І., Тараната М.В. Комплексне вивчення показників здоров'я робітників підприємств Донбасу // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2003. – Т. 3. – 115 с.
9. Грищенко С.В., Солдак І.І., Шамрай В.А., Нагорный И.М. Современные закономерности формирования патологии среди взрослого населения Донецкой области. // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 205-213.
10. Гусев А.Н., Измайлов И.А., Михалевская М.Б. Измерение в психологии. – М.: УМК "Психология", 2005. – 302 с.
11. Дружинин В.В., Конторов Д.С., Конторов М.Д. Введение в теорию конфликта. – М.: Радио и связь, 1989. – 288 с.
12. Кочин Н.Е. Векторное исчисление и начала тензорного исчисления. – М., 1965.
13. Крон Г. Тензорный анализ сетей. – М.: Сов. Радио, 1978. – 720 с.
14. Кудинова Т.В. Оценка и коррекция функционального состояния горнорабочих глубоких угольных шахт: Автореф. дис. ... д-ра мед. наук. – К., 1990. – 43 с.
15. Кудинова Т.В., Максимович В.А. Психофизиологические аспекты безопасности труда горнорабочих. – М.: ЦНИЭИуголь, 1985. – 34с.
16. Мак-Коннел А.-Д. Введение в тензорный анализ: Пер. с англ. – М., 1963.
17. Максимович В.А., Говта Н.В. Влияние экологических условий жизни на психофизиологическое состояние и успеваемость студентов // Проблемы экологии и

- охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2003. – Вып. 3. – 248 с.
18. Максимович В.А., Горецкий О.С., Кришталь Н.Г. и др. Функции внимания у ликвидаторов аварий и ее математическое моделирование. // Журн. психиатрии и мед. психологии. – Донецк: Ред-изд. отд. ДМУ, 2003. – №31 (10). – С. 65-69.
 19. Максимович В.А., Горецкий О.С., Солдак И.И., Тараната Н.И., Говта Н.В., Максимович М.В. Экспериментальное и теоретическое обоснование математической модели принятия решения (выбора из альтернатив) // Вестник гигиены и эпидемиологии. – 2004. – Т. 8, № 1. – С. 267-273.
 20. Максимович В., Максимович М. Симетрія в психіці // Донецький вісник Наукового товариства ім. Шевченка. – Донецьк: Східний видавничий дім, 2005. – Т. 5. – С. 149-157.
 21. Максимович В.А., Мухин В.В., Беспалова С.В. Медицинская психофизика. – Донецк: Изд-во ДонНУ, 2001. – 150 с.
 22. Макаренко Н.В., Пухов В.А., Кольченко Н.В. и др. Основы профессионального психофизиологического отбора. – К.: Наук. думка, 1987. – 244 с.
 23. Мурач М.М. Геометричні перетворення і симетрія: Природа симетрії і симетрія природи. – К.: Рад. шк., 1987. – 180 с.
 24. Петров А.Е. Тензорный метод в теории систем. – М.: Радио и связь, 1985. – 287 с.
 25. Рашевский П.К. Риманова геометрия и тензорный анализ. – М., 1967.
 26. Румер Ю.Б. Спинорный анализ. – М.-Л., 1936. – Ч. 1. – 365 с.
 27. Сокольников И.О. Тензорный анализ: Пер. с англ. – М., 1971.
 28. Схоутен Я. А. Тензорный анализ для физиков: Пер. с англ. – М., 1965;
 29. Физиологические и психофизиологические методы профессионального отбора горнорабочих глубоких угольных шахт: Методические рекомендации / Минздрав УССР, Минуглепром УССР. – Донецк, 1986. – 32 с.
 30. Green D.M., Sweets J.A. Signal detection theory and psychophysics. – N.Y.: Wiley, 1966.
 31. Gescheider G.A. Psychophysics: Method, theory and application. – Hillsdale, NJ: Erlbaum, 1985.

Говта М.В., Максимович В.О. Екологія та психіка. – Розглянуто новий підхід до вивчення психіки людини та наслідки дії на неї несприятливої екології на основі векторного та тензорного вираховання.

Ключові слова: екологія, психіка, вектор, тензор, спінор.

Govta N.V., Maksimovich V.A. Ecological and psychics. – The new approach to studying psychics of the person and consequences of activity on her of a unfavorable ecological, surveyed on the basis of vectorial and a calculus of tensors.

Key words: ecological, psychics, a vector, tensor, a spinor.

О.С. Горецкий
ОСНОВНОЙ ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ЧЕЛОВЕКА:
УСЛОВИЯ ТРУДА

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Горецкий О.С. Основной элемент экологической безопасности человека: условия труда. – Установлена зависимость функционального напряжения организма от уровня воздействующих факторов (температура и влажность воздуха, шум, освещенность, физическая нагрузка), создана математическая модель, описывающая эту зависимость, и комплексный показатель для оценки условий труда.

Ключевые слова: факторы среды, функциональное напряжение организма, условия труда, оценка.

Введение

Система "человек – среда" включает множество переменных, между которыми существует большое количество связей. Сложность изучения этой системы обусловлена тем, что она является многоуровневой, содержит в себе положительные и отрицательные обратные связи [3]. Экологическая безопасность сложной системы, в которой ключевым элементом является человек, определяется не столько субъектами защиты или факторами внешней защищенности, сколько внутренними свойствами – устойчивостью, надежностью, способностью к авторегуляции [2].

Экологическая безопасность достигается системой мероприятий (прогнозирование, планирование, осуществление комплекса профилактических мер), обеспечивающих минимальный уровень неблагоприятных воздействий на жизнедеятельность и здоровье людей [9].

В процессе жизнедеятельности человек подвергается воздействию различных факторов природного и техногенного происхождения. При этом он значительную часть своей жизни проводит на производстве, где уровень воздействующих факторов выше природных. Поэтому для оценки экологической безопасности жизнедеятельности человека важным является анализ его трудовой деятельности, знание особенностей различных её видов и условий труда [10].

В настоящее время сохраняется значительное количество рабочих мест в различных отраслях промышленности и сельского хозяйства, на которых уровень неблагоприятных факторов превышает допустимый [4]. Поэтому, человек систематически подвергается интенсивным производственным нагрузкам, которые рассматривают как стрессовые [13, 16]. Причиной такого стресса выступает ряд факторов: неблагоприятные условия труда, чрезмерные требования, предъявляемые к работнику технологическим процессом, отсутствие возможности изменения производственной технологии, а также ограниченные психофизиологические возможности самих работающих [6, 14, 16].

Проблема заключается в том, что человек на современном производстве контактирует с многочисленными факторами, в принципе неподдающимися полному учету и анализу. Действие различных сочетаний этих факторов на организм человека остается неизвестным и практически непредсказуемым. Тем более, что такое действие проявляется на фоне неоднородного исходного и изменяющегося уровня показателей здоровья людей. Сам же организм человека интегрально реагирует на всю совокупность производственных факторов и является единственным устройством, отражающим в полном объеме влияние на него явных и скрытых условий.

Функциональное напряжение, вызываемое интенсивными производственными нагрузками, приводит к дисфункциональным перестройкам и различным расстройствам в организме [5, 11]. Для своевременной и адекватной профилактики (выявление и устранение) таких состояний необходимы: оперативная оценка условий труда, профессиональный отбор, повышение устойчивости организма к воздействию вредных и опасных факторов производственной среды [7, 15].

Поэтому необходимо введение новых критериев оценки среды, интегративно

отражающих функциональное состояние организма при действии неблагоприятных факторов.

Была поставлена цель – изучить влияние факторов окружающей среды на организм человека и разработать критерии оценки условий труда.

Материалы и методы исследований

Для достижения поставленной цели проведены экспериментальные и производственные исследования, в которых участвовали рабочие основных профессий угольных шахт, служащие, студенты и лица других профессий. В экспериментальных исследованиях моделировали воздействие на организм факторов производственной среды (температура и влажность воздуха, шум, освещенность) и физические нагрузки. Исследование влияния физических факторов на человека проводили в специально оборудованной камере. Физическая нагрузка заключалась в подъеме на помост (ступеньку) или подъеме-опускании двумя руками груза на определенную высоту в заданном ритме. Тепловую нагрузку задавали путем нагрева и увлажнения воздуха в микроклиматической камере. Определение показателей состояния различных систем организма проводили по общепринятым методам (электрокардиография, тонометрия, спирометрия, динамометрия, треморометрия, термометрия, аудиометрия, анализаторная рефлексометрия, регистрация кожно-гальванической реакции – КГР, психодинамических функций и др.).

Условия труда обычно оценивают по уровню (дозе) воздействия отдельных факторов производства или их комплекса с учётом их биологической значимости [1, 4]. Однако не всегда в такой комплекс могут войти все потенциально значимые факторы. Принимая сегодня какой-либо фактор производственной среды за индифферентный, мы не гарантированы от того, что со временем он не попадёт в разряд вредных или опасных. Реактивность организма человека может интегративно отражать влияние всей совокупности условий труда. Учитывая это, были проведены исследования по определению значимых показателей функционального состояния организма для оценки его реактивности и разработки способа оценки условий труда на примере условий труда в глубоких угольных шахтах.

В камере моделировали физические параметры факторов производственной среды, характерные для условий угольных шахт, – температуру и влажность воздуха, шум, освещённость, физическую нагрузку.

Обследовано 32 мужчины-добровольца в возрасте 20-27 лет. При выявлении значимых показателей в зависимости от величины моделируемой нагрузки на организм параметры влажности воздуха (85-90%), шума (80 дБ), освещённости (10 лк) и мощности работы (45 Вт) были постоянны во всех сериях наблюдения. Температура воздуха в трех сериях была 26, 30 и 40⁰С. Работа состояла в подъеме – опускании груза весом 10 кг на высоту 1,2 м и в подъеме – спуске на ступеньку высотой 0,2 м. Режим работы – чередование 20-минутных периодов работы с 5-минутными периодами отдыха. Величина и длительность моделируемой нагрузки в каждой серии были различны. Первая серия – воздействие комплекса факторов при температуре воздуха 26⁰С в течение 3 ч; вторая – воздействие комплекса факторов при температуре 30⁰С в течение 3 ч; третья серия – воздействие комплекса факторов при температуре воздуха 40⁰С в течение 40-60 мин (до достижения границы допустимого теплового состояния организма).

Результаты и обсуждение

Анализ полученных результатов показал, что воздействие комплекса физических факторов, характерных для производственной среды подземных выработок угольных шахт, вызывало соответствующие ответные реакции, которые определяли как индивидуальные особенности реагирования организма, так и количественную изменчивость показателей, характеризующих реактивность организма в зависимости от интенсивности нагрузки.

Для оценки реактивности организма в производственных условиях наиболее

значимыми могут быть показатели мышечной деятельности, кардиодинамики и ЦНС [1, 8]. Учитывая это и результаты проведенных исследований, отбирали те показатели, которые достоверно изменялись в период выполнения работы и вектор изменения которых зависел от интенсивности нагрузки. Наиболее значимыми показателями оказались среднеквадратичное отклонение интервалов R – R (сс), величина максимального отклонения КГР (мВ) от ее исходного уровня, количество и длительность (с) ошибок при выполнении теста на тремомере.

Выявив значимые показатели, необходимо было найти подход к созданию комплексного метода проведения одновременной их регистрации и разработать интегральный показатель для оценки реактивности организма. На базе частных методик был разработан комплексный полиэффекторный метод регистрации, который заключался в том, что все значимые показатели регистрировались одновременно. Испытуемому давали задание выполнить тест на тремомере: удерживать контактный щуп, не прикасаясь к поверхности вращающейся изогнутой контактной дорожки. Во время выполнения этого теста регистрировали показатели тремора рук (количество касаний и их длительность), изменение КГР и ЧСС. Такой метод регистрации позволил не только зафиксировать физиологические показатели в исходном состоянии, но и проследить их изменение при выполнении теста на тремомере.

Зависимость между значимыми показателями и факторами среды изучали в эксперименте. С этой целью был спланирован полный факторный эксперимент для вышеуказанных четырех факторов на двух уровнях варьирования.

Были выбраны два уровня воздействия параметров (нижний и верхний): для температуры воздуха (X_1) 26 и 32⁰С, шума (X_2) 80 и 95 дБ, мощности физической нагрузки (X_3) 45 и 67 Вт, освещенности (X_4) 5 и 10 лк.

Результаты полного факторного эксперимента позволили найти математические выражения зависимости между физиологическими показателями и воздействующими факторами среды. Для того чтобы убедиться в адекватности реакций при воздействии одного и того же сочетания уровней факторов, каждый опыт повторяли четыре раза. Для построения математических моделей динамики изменения всех значимых показателей, в зависимости от величины нагрузки на организм производили проверку воспроизводимости изучаемых процессов. Для этого использовали критерий Кохрена. Расчётные величины критериев во всех случаях оказались меньше табличных (для уровня значимости 5%), что свидетельствовало о воспроизводимости изучавшихся процессов.

В общем виде результаты полного факторного эксперимента 2⁴ для функций отклика (значимые показатели) можно представить следующим уравнением регрессии:

$$Y = B_0 + B_1X_1 + B_2X_2 + B_3X_3 + B_{1,2}X_1X_2 + B_{2,3}X_2X_3 + B_{1,3}X_1X_3 + B_{1,4}X_1X_4 + B_{2,4}X_2X_4 + B_{1,2,3}X_1X_2X_3 + B_{1,2,4}X_1X_2X_4 + B_{2,3,4}X_2X_3X_4 + B_{1,3,4}X_1X_3X_4 + B_{1,2,3,4}X_1X_2X_3X_4 \quad (1)$$

где Y – величина значимого физиологического показателя; X_1 X_2 X_3 и X_4 – значения факторов производственной среды; B_0 – свободный член, равный выходу при $X_i = 0$; B_1 , B_2 , B_3 и B_4 – коэффициенты регрессии соответствующих факторов, указывающие на влияние того или иного фактора на изучаемый процесс; $B_{1,2}$, $B_{2,3}$, $B_{1,3}$, $B_{1,4}$, $B_{2,4}$, $B_{3,4}$ – коэффициенты регрессии при произведениях факторов, свидетельствующие о наличии двойного взаимодействия между факторами; $B_{1,2,3}$, $B_{1,2,4}$, $B_{2,3,4}$, $B_{1,3,4}$ коэффициенты регрессии, указывающие на тройное взаимодействие факторов; $B_{1,2,3,4}$ – коэффициент регрессии, указывающий на совместное взаимодействие 4-х факторов.

С помощью регрессионного анализа находили коэффициенты регрессии, составляли уравнения для каждой функции отклика (Y_i) и оценивали статистическую значимость найденных величин для уровня достоверности 95%. Незначимые члены уравнения отбрасывали. Также устанавливали возможность описания каждой функций отклика (Y_i) линейными моделями, т.е. уравнениями без членов, учитывающих парные взаимодействия и высшего порядка. В результате была получена система из следующих уравнений регрессии:

$$Y_1 = 0,17 + 0,08X_1 - 0,07X_3 - 0,13X_4 \quad (2)$$

$$Y_2 = 0,40 - 0,16X_1 + 0,07X_2 + 0,04X_4 \quad (3)$$

$$Y_3 = 0,18 + 0,06X_1 - 0,06X_2 \quad (4)$$

$$Y_4 = -0,17 + 0,11X_1 + 0,10X_3 + 0,07X_4 \quad (5)$$

где Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 – соответственно изменения: КГР, среднее квадратическое отклонение интервалов $R - R$, количества и длительности ошибок при выполнении теста на тренометре; X_1, X_2, X_3, X_4 – соответственно температура воздуха, шум, физическая нагрузка и освещённость.

Получив уравнения регрессии, дающие представление о количественном влиянии каждого фактора среды на каждый значимый физиологический показатель, проверяли пригодность этих уравнений для описания изучаемых зависимостей между физиологическими показателями и факторами производственной среды. Для этого проводили проверку адекватности математической модели, которую осуществляли по критерию Фишера (F). По всем вышеприведенным уравнениям доказана адекватность математической модели экспериментальным для уровня достоверности 95%.

Чтобы интегрально количественно оценить воздействие на организм совокупности физических факторов среды, необходимо построить модель, отражающую взаимосвязь функционального состояния организма с моделируемыми условиями среды, в которой человеком выполняется работа. Для построения такой модели (интегрального показателя) использовали принципы и методы квалиметрии. При этом проводили: выбор базовых показателей, определение вида зависимости между показателями, выбор шкалы размерности для приведения единиц измерения отдельных показателей к единому виду, определение веса показателей и выбор метода для вычисления интегрального показателя.

В линейном представлении интегральный показатель (\tilde{I}), отражающий влияние совокупности физических факторов среды на функциональное состояние организма, можно получить путем агрегирования однородных членов, расположенных в левой и правой частях уравнений (2-5), т. е.

$$\tilde{I} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot Y_i \quad (6)$$

$$\tilde{I} = \sum_{i=1}^n k_i \cdot X_i \quad (7)$$

где Y_i – величина частных физиологических показателей, достигаемая при заданных параметрах воздействующих факторов среды; X_i – параметры воздействующих факторов среды; k_i – весовые коэффициенты частных физиологических показателей и воздействующих факторов среды.

Однако такое агрегирование возможно только при условии, когда все однородные члены уравнений равнозначны, безразмерны и находятся в одном масштабе размерностей. В данном случае значимые физиологические показатели имели различные размерности, не позволяющие их объединить. Неизвестна была и их равнозначность. Поэтому для проверки равнозначности физиологических показателей (Y_1, Y_2, Y_3, Y_4) определяли их весовые коэффициенты по результатам экспертной оценки, которую дали 14 высококвалифицированных специалистов. Экспертизу проводили по методу Дельфы. Экспертами был определен вес (в долях единицы) значимых физиологических показателей в интегральной оценке функционального состояния организма (принятого за единицу) при воздействии совокупности физических факторов среды. Вес значимых показателей составил 0,01; 0,12; 0,17 и 0,70 – соответственно для количества и длительности ошибок, изменения КГР и среднее квадратического отклонения интервалов $R - R$ при выполнении теста на тренометре.

Также необходимо было физиологические показатели (Y_i) и факторы среды (X_i) перевести в безразмерную форму. Это достигалось путем выбора по каждому показателю и фактору его базовой величины и деления фактического изменения их величин на базовую.

В качестве базовых показателей для (Y_i) взято максимальное значение изменения физиологических показателей (размах их изменчивости) после моделируемых нагрузок. В этом случае величина каждого показателя (Y_i) имела безразмерную форму (\hat{Y}_i):

$$\hat{Y}_i = k_i \frac{\Delta Y_i}{\Delta Y_{i(\max)}} \quad (8)$$

где ΔY_i – величина изменения физиологического показателя после моделируемой нагрузки; $\Delta Y_{i(\max)}$ – размах изменчивости физиологического показателя после моделируемой нагрузки; k_i – весовые коэффициенты частных физиологических показателей.

Подставляя это выражение в формулу (8), получим:

$$\tilde{I} = \sum_{i=1}^n \hat{Y}_i = \sum_{i=1}^n k_i \cdot \frac{\Delta Y_i}{\Delta Y_{i(\max)}} \quad (9)$$

Аналогично к безразмерной форме приведена величина каждого фактора (X_i). В качестве базовых показателей для (X_i) взяты допустимые величины факторов производственной среды, установленные гигиеническими нормативами, и величина каждого фактора (X_i) имела безразмерную форму (\hat{X}_i):

$$\hat{X}_i = k_i \frac{X_i}{X_{i(\lim)}} \quad (10)$$

где X_i – величина фактора среды; $X_{i(\lim)}$ – допустимая величина фактора производственной среды, установленная гигиеническими нормативами; k_i – весовые коэффициенты воздействующих факторов среды.

Подставляя это выражение в формулу (7), получим:

$$\tilde{I} = \sum_{i=1}^n \hat{X}_i = \sum_{i=1}^n k_i \frac{X_i}{\Delta X_{i(\lim)}} \quad (11)$$

Таким образом, в левой части желаемой модели находится сумма безразмерных величин частных физиологических показателей, а в правой – сумма однородных членов (X_i) уравнений (2-5). Такая модель имеет следующий вид:

$$\tilde{I} = 0,58 + 0,09X_1 + 0,01X_2 + 0,03X_3 - 0,02X_4 \quad (12)$$

Для удобного пользования шкалой измерения интегрального показателя в диапазоне $0 \leq \tilde{I} \leq 100$, рассчитываемого по величинам воздействующих факторов ($X_1 - X_4$), изменен масштаб (увеличен в 100 раз). В результате математическая модель (12) приобрела следующий вид:

$$\tilde{I} = 58 + 9X_1^* + X_2^* + 3X_3^* - 2X_4^* \quad (13)$$

где \tilde{I} – интегральный показатель состояния условий среды при воздействии совокупности физических факторов, усл. ед.; $X_1^* - X_4^*$ – величины превышения или уменьшения (в "n" раз) допустимой величины (установлены гигиеническими нормативами) воздействующих факторов ($X_1 - X_4$). Причем, если фактическая величина фактора равна допустимой или ниже ее, то она принимает отрицательное значение.

Данная модель отражает зависимость функционального состояния организма от величины воздействующих факторов среды и позволяет оценить степень их вредности. Как видно, наиболее вредным из них является температура воздуха, а затем – физическая нагрузка.

Условия производственной среды могут быть определены и по функциональному состоянию организма (формула 10). В случаях, когда отсутствует возможность измерения параметров воздействующих производственных факторов или требуется оперативная оценка

условий производственной среды, последние могут быть определены по комплексному показателю функционального напряжения организма (S_n). Он представляет собой сумму физиологических показателей ($Y_1 - Y_4$), входящих в формулу (8):

$$S_n = 0,01(a - a_0) + 0,12(b - b_0) + (c - c_0) + 0,70(d - d_0) \quad (14)$$

где a_0, b_0, c_0, d_0 – соответственно количество и длительность ошибок, изменение КГР и среднеквадратичного отклонения интервалов $R - R$ при выполнении теста на треметре до производственной нагрузки; a, b, c и d – соответственно те же показатели после нагрузки.

При этом используют не абсолютные величины значимых физиологических показателей, а их изменение после нагрузки в безразмерной форме (см. формулу 8). Средний диапазон изменения величины S_n соответствовал функциональному напряжению со средними энерготратами организма при выполнении соответствующих нагрузок. С учетом этого была определена шкала измерения комплексного показателя функционального напряжения. Величина S_n в пределах 0 – 0,24 усл. ед. указывает на пониженное, 0,25 – 0,43 среднее, 0,44 и выше – на повышенное функциональное напряжение организма. Чем больше величина этого показателя, тем хуже (неблагоприятнее) условия производственной среды.

Экспериментально проверена динамика изменения интегрального показателя (\tilde{I}) при воздействии совокупности физических факторов для сравнения с расчетными величинами по комплексному показателю (S_n). Результаты этого сравнения представлены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели оценки влияния условий среды на организм

№ варианта условий труда	Средние величины показателей, усл.ед.	
	по уравнению 12	по формуле 14
1	33	0,19
2	51	0,23
3	35	0,18
4	53	0,24
5	39	0,21
6	57	0,20
7	41	0,23
8	59	0,29
9	31	0,15
10	51	0,23
11	39	0,17
12	57	0,28
13	43	0,22
14	61	0,24
15	41	0,20
16	63	0,32

При выполнении физической работы в условиях, соответствующих нижнему уровню факторов, комплексный показатель (S_n) в среднем равнялся 0,19 усл. ед. Изменение его величины в этой серии опытов составило от 0,13 до 0,25 усл. ед. Комплекс факторов, соответствующих верхнему уровню по силе воздействия, вызывал более высокое функциональное напряжение организма.

Величина комплексного показателя при этих условиях в среднем равнялась 0,32 усл. ед., а его колебания в группе были от 0,29 до 0,33 усл. ед.

Результаты вычислений интегрального показателя (\tilde{I}) по величинам воздействующих факторов среды согласуются с результатами, полученными по комплексному показателю (S_n). Между этими показателями установлена достоверная ($P < 0,05$) корреляция ($r = 0,82$).

Как следует из вышеизложенного, полученные данные позволили построить математическую модель (формула 12), адекватно описывающую зависимость отклика

(изменение параметров физиологических показателей) от уровня воздействующих факторов, характерных для подземных выработок глубоких угольных шахт (высокая температура, влажность, шум, физическая нагрузка, низкая освещённость).

Производственные испытания по опробованию разработанного комплексного показателя проводили на одной из глубоких угольных шахт. Обследовали кадровых рабочих основных профессий, тяжесть труда которых не бывает ниже III категории. С учётом всех особенностей условий труда были сформированы группы по профессиям. В каждой профессии наблюдали две группы горнорабочих: одна группа выполняла работу при температуре окружающей среды 25-26 °С, а другая – при температуре окружающей среды 29-31 °С. Норма выработки при повышенных температурах составляла 0,9 нормы шахтёров – участков с лучшим микроклиматом. Уровень шума на рабочем месте был одинаков, так как горнорабочие использовали одинаковые орудия труда. Обследовано 200 горнорабочих основных профессий. Измерение физиологических показателей проводили до и после рабочей смены. Результаты исследований приведены в табл. 2.

Таблица 2

Показатель влияния различных условий труда на организм горнорабочих

III класс условий и характера труда по степени вредности и опасности (категория тяжести труда)	Профессия	Величина комплексного показателя (S_n), усл. ед.
3-я степень (IV)	Забойщики на отбойных молотках	$0,35 \pm 0,01$
2-я степень (IV)	Забойщики на отбойных молотках	$0,31 \pm 0,01$
3-я степень (III)	Проходчики	$0,29 \pm 0,01$
2-я степень (III)	Проходчики	$0,26 \pm 0,02$

Как видно из табл. 2, большее функциональное напряжение организма после рабочей смены наблюдалось у забойщиков. Средняя величина комплексного показателя (S_n) составила $0,35 \pm 0,01$ усл. ед., а индивидуальные его изменения в этой группе находились в пределах 0,31-0,45 усл. ед. Несколько ниже величина этого показателя была у забойщиков, выполнявших работу при допустимой санитарными правилами температуре воздуха ($0,31 \pm 0,01$ усл. ед., $P < 0,05$). Индивидуальные ее изменения в этой группе находились в пределах 0,14-0,41 усл. ед. У проходчиков обеих групп величина показателя (S_n) была на 20% ($P < 0,05$) ниже, чем у забойщиков. У проходчиков "горячих" участков (3-я степень вредности условий труда) величина этого показателя составила $0,29 \pm 0,01$ усл. ед., а у проходчиков, выполняющих работы в условиях, соответствующих 2-й степени вредности, соответственно $0,26 \pm 0,02$ усл. ед. Различия в функциональном напряжении организма горнорабочих изучавшихся профессий подтверждают данные по оценке степени тяжести их труда, заболеваемости и травматизму. Так, при сравнении показателей заболеваемости и травматизма у этих профессиональных групп оказалось, что общая заболеваемость и число случаев травмирования у забойщиков были значительно выше, чем у проходчиков.

При сопоставлении результатов, полученных по экспериментальной модели (формула 12) и комплексному показателю (S_n) на горнорабочих различных профессий, оказалось, что они достоверно не различаются. Полученная модель

$$\tilde{I} = 58 + 9X_1^* + X_2^* + 3X_3^* - 2X_4^* \quad (15)$$

дает возможность прогнозировать условия производственной среды по уровню воздействующих на организм физических факторов, а величина комплексного показателя (S_n) позволяет судить об эквивалентности (физиологической "цене") для организма воздействующих производственных факторов.

На основании полученных результатов разработан способ оценки влияния

производственной среды на рабочих по функциональному напряжению организма, который защищён авторским свидетельством. Его осуществляют следующим образом. Обследуемый в течение 2-х мин выполняет тест на тремометре. При этом одновременно регистрируют количество и длительность ошибок, изменение КГР и кардиоритма (вычисляют среднеквадратичное отклонение интервалов R – R). Эти показатели измеряют до начала работы и сразу же после её окончания. Подставляя величины зарегистрированных показателей в формулу (14), определяют величину комплексного показателя (S_n), по которой оценивают условия производственной среды.

Таким образом, установлена зависимость функционального состояния организма человека от уровня воздействующих факторов (температура и влажность воздуха, шум, освещенность, физическая нагрузка), разработаны комплексные показатели для оценки условий производственной среды. Эти показатели позволяют определить степень тяжести ("цены") воздействия производственных факторов на организм рабочих и прогнозировать условия производственной среды. Разработанный и опробованный способ (А.с. 1268148) рекомендуется использовать для оценки экологической безопасности человека.

Список литературы

1. Бузунов В.А. Производственные факторы и возрастная работоспособность. – К.: Здоров'я, 1991. – 161 с.
2. Гончаренко М.С., Бойчук Ю.Д. Экологія людини: Навч. пос. / За ред. Н.В. Кочубей. – Суми: ВТД "Університетська книга"; К.: Вид. дім "Княгиня Ольга", 2005. – 394 с.
3. Желібо Є.П., Заверуха Н.М., Зацарний В.В. Безпека життєдіяльності / За ред. Є.П. Желібо і В.М. Пічі. – Львів: Новий світ, 2000, 2001. – 320 с.
4. Измеров Н.Ф., Суворов Г.А., Куралесин Н.А. и др. Физические факторы. Эколого-гигиеническая оценка и контроль: Рук. в 2-х т. – М.: Медицина, 1999.
5. Кальниш В.В. Изменения напряжения подсистем организма у лиц, работающих посменно // Медицина труда и промышленная экология. – 1994. – № 11. – С. 36-39.
6. Максимович В.А. Эрготермическая устойчивость человека. – К.: Здоров'я, 1985. – 158 с.
7. Максимович В.А., Солдак И.И., Беспалова С.В. Медицинская биоэнергетика. – Донецк: Изд-во Донецкого ун-та, 2003. – 229 с.
8. Медведев В.И. Взаимодействие физиологических и психологических механизмов в процессе адаптации // Физиология человека. – 1998. – Т. 24, № 4. – С. 7-13.
9. Прохоров Б.Б. Экология человека: Понятийно-экологический словарь. – М.: Изд-во МНЭПУ, 2000. – 364 с.
10. Прохоров Б.Б. Экология человека: Учеб. – М.: Изд. центр "Академия", 2005. – 320 с.
11. Пышнов Г.Ю. К вопросу о производственном стрессе // Медицина труда и промышленная экология. – 2003. – № 12. – С. 24-27.
12. Суворов Г.А., Афанасьева Р.Ф., Бобров А.Ф. и др. Оценка влияния комплекса физических факторов на функциональное состояние человека, выполняющего умственную работу // Медицина труда и промышленная экология. – 1997. – № 2. – С. 19-26.
13. Суворов Г.А., Пальцев Ю.П., Прокопенко Л.В. и др. Физические факторы и стресс // Медицина труда и промышленная экология. – 2002. – № 8. – С. 1-4.
14. Судаков К.В. Оценка стресса на рабочем месте: системный подход // Медицина труда и промышленная экология. – 1996. – № 12. – С. 5-11.
15. Шевцова В.М. Про систему професійного добору працюючих // Охорона праці. – 1998. – № 12. – С. 47-49.
16. Юшкова О.И., Матюхин В.В., Шардакова Э.Ф. Психофизиологические аспекты производственного стресса в медицине труда // Медицина труда и промышленная экология. – 2001. – № 8. – С. 1-7.

Горецький О.С. Основний елемент екологічної безпеки людини: умови праці. – Для оцінки екологічної безпеки людини пропонуються комплексні показники і спосіб, які розроблено на основі встановленої залежності функціонального стану організму від рівня дії факторів середовища.

Ключові слова: фактори середовища, функціональний стан організму, умови праці, оцінка.

Goretsky O.S. Fundamental element of ecological safety of man: condition of work. Combined indicators and method worked out on the principle of established functional condition from the level of influence of environmental factors have been proposed for the valuation of ecological safety of man.

Key words: environmental factors, functional condition organism, condition of work, an estimation.

УДК 577.4 (477): 33 + 614.2 (477)

**И.И. Грищенко, И.И. Солдак, И.М. Нагорный, Р.С. Свестун, М.В. Попова,
Н.В. Бугашева**

ЭКОНОМИЧЕСКИЕ ПОСЛЕДСТВИЯ НЕБЛАГОПРИЯТНОГО ВЛИЯНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ НА ЗДОРОВЬЕ НАСЕЛЕНИЯ ЭКОКРИЗИСНОГО РЕГИОНА УКРАИНЫ

*Государственный медицинский университет им. М. Горького
83003, г. Донецк, пр. Ильича, 16*

Грищенко И.И., Солдак И.И., Нагорный И.М., Свестун Р.С., Попова М.В., Бугашева Н.В. Экономические последствия неблагоприятного влияния окружающей среды на здоровье населения экокризисного региона Украины. – Наиболее существенный вклад в формирование патологии населения экокризисного региона Украины – Донецкой области вносят болезни системы кровообращения, органов дыхания, пищеварения, а также злокачественные новообразования. Экономический ущерб, причиняемый народному хозяйству области данными заболеваниями, исчисляется сотнями миллионов гривен и составляет около 8% от валового внутреннего продукта региона. Максимальные величины экономического ущерба в связи с заболеваемостью населения характерны для городов и районов с высоким уровнем антропогенного загрязнения экологической среды, минимальные – для территорий, благополучных в данном отношении.

Ключевые слова: здоровье, экология, заболеваемость, экономический ущерб, экокризисный регион.

Введение

Состояние здоровья населения включено международными организациями (ООН, ВОЗ и др.) в число важнейших 10 показателей, интегрально характеризующих уровень социально-экономического развития любого государства мира [4, 6, 8]. Уровни заболеваемости населения – частота возникновения и распространенность заболеваний, а также смертности от этих причин – относятся к основным показателям популяционного здоровья, наиболее объективно оценивающим как его общее состояние, так и степень воздействия различных факторов окружающей среды [2, 6]. Особую тревогу медицинских работников в последнее время вызывает здоровье жителей экокризисных регионов [1, 3, 7, 11]. Население этих территорий подвергается мощному негативному воздействию разнообразных экологических факторов, которое в последние 10-15 лет усугубляется сложной социально-экономической ситуацией [5, 9, 11]. Донецкая область с полным основанием может быть отнесена к наиболее неблагополучным в экологическом отношении регионам Украины [1, 9, 11]. В то же время она занимает лидирующее положение в Украине как по степени индустриализации, экономической освоенности ресурсов, так и по валовому внутреннему продукту (ВВП), который составляет около 20% от общеукраинского показателя. Таким образом, экономические потери Донецкой области от экологически обусловленной заболеваемости населения наносят серьезный ущерб не только региональной, но и общеукраинской экономике. Актуальной представляется цель настоящей работы – определение экономических последствий неблагоприятного влияния окружающей среды на здоровье населения Донецкой области.

Материалы и методы исследования

Изучение заболеваемости и смертности населения Донецкой области производилось в период 1980-2005 гг. в пяти городах (Донецк, Мариуполь, Константиновка, Славянск, Артемовск) и пяти сельских районах (Володарский, Первомайский, Марьинский, Александровский, Краснолиманский), контрастных по уровню антропогенного загрязнения окружающей среды. Были изучены частота возникновения и смертность населения от следующих классов заболеваний (по Международной классификации болезней 10-го пересмотра): болезни сердечно-сосудистой, эндокринной, нервной, пищеварительной, мочеполовой и костно-мышечной систем, органов дыхания, злокачественных новообразований и врожденных пороков развития. При этом были обработаны первичные медицинские документы и сводные формы, а также данные областного управления статистики за период 1980-2005 гг. За этот же период времени проанализированы материалы

ежегодных сборников "Показатели здоровья населения и деятельности медицинских учреждений Донецкой области", издаваемых Центром медицинской статистики управления здравоохранения Донецкой областной госадминистрации. Показатели социально-экономического развития Донецкой области изучены по данным ежегодных отчетов областного управления статистики. Экономический ущерб от заболеваемости и смертности населения рассчитывался по методике А.Е. Шахгельдянца [10] в модификации М.М. Шутова [11]. Все полученные данные обрабатывались по общепринятым методам вариационной статистики с определением относительных и средних арифметических величин (М), их ошибок (m), критерия (t) и степени достоверности (p) с помощью лицензионного пакета прикладных программ StatGraph [4].

Результаты и их обсуждение

В результате многолетнего (1980-2005 гг.) изучения структуры первичной и общей заболеваемости жителей Донецкой области, а также причин их смертности был установлен дифференцированный вклад основных классов болезней в эти процессы, что отражено в табл. 1.

Таблица 1

**Удельный вес основных классов болезней (по МКБ – X)
в структуре частоты возникновения и распространенности заболеваний,
а также смертности от них населения Донецкой области (% , М+m, n=26)**

Показатели популяцион- ного здоровья	Наименования классов болезней										
	Б-ни крови и кроветворных органов	Б-ни эндокринной системы	Б-ни нервной системы	Б-ни органов дыхания	Б-ни органов пищеварения	Б-ни костно-мышечной системы	Б-ни мочеполовой системы	Б-ни системы кровообращения	Новообразования	Врожденные аномалии развития	Удельный вес основных десяти классов б-ней
Частота возникновения	00,4±0,02	10,1±0,1	1,9±0,1	43,7±1,2	3,5±0,3	5,1±0,4	5,7±0,8	6,7±0,7	1,2±0,2	0,1±0,04	69,4±2,3
Распространенность	0,5±0,01	3,0±0,2	2,9±0,2	22,7±0,8	9,3±0,7	6,2±0,5	5,2±0,6	25,2±1,3	2,3±0,1	0,3±0,05	77,6±3,6
Смертность	0,1±0,01	0,4±0,01	0,7±0,03	4,1±0,3	3,1±0,2	0,1±0,02	0,7±0,06	60,9±3,8	13,7±0,5	0,3±0,06	84,1±3,1

Как видно из табл. 1, основной вклад в формирование патологии населения экокризисного региона вносят десять классов болезней (по МКБ – X), их удельный вес составляет от 69,4 до 77,6% в структуре первичной и общей заболеваемости. Еще большее значение принадлежит этим классам болезней в структуре причин смертности жителей Донецкой области (84,1% всех случаев смерти обусловлены именно этими заболеваниями).

Анализ данных табл. 1 показывает, что среди этих десяти классов болезней четыре выделяются по своей значимости, так как им принадлежат ведущие ранговые места в структуре не только частоты возникновения и распространенности болезней, но и смертности жителей Донецкой области – это болезни системы кровообращения, органов дыхания, пищеварения, а также злокачественные новообразования.

Среднемноголетние (1980-2005 гг.) уровни частоты возникновения болезней вышеперечисленных классов, зафиксированные среди взрослого населения 5 городов и 5 сельских районов Донецкой области, различающихся по степени антропогенного загрязнения окружающей среды, представлены в табл. 2.

**Частота возникновения злокачественных новообразований
среди населения городов и районов Донецкой области
(случаи на 10 000 взрослых, 1980-2005 гг.) (M±m, n=26)**

Наименование городов и районов	Злокачественные новообразования	Ранг	Болезни органов дыхания	Ранг	Болезни системы кровообращения	Ранг	Болезни органов пищеварения	Ранг
г. Донецк	307,9±21,4	3	2429,8±305,3	2	609,4±54,5	5	195,6±15,3	2
г. Мариуполь	336,2±28,3	1	2689,5±343,7	1	673,2±60,1	4	189,7±10,3	4
г. Константиновка	319,7±25,8	2	1758,4±255,4	3	701,5±63,2	1	307,8±48,9	1
г. Славянск	201,3±20,5	8	1158,9±203,1	7	511,4±48,3	7	141,1±8,5	8
г. Артёмовск	254,6±19,7	6	1096,7±121,4	8	463,0±39,7	8	145,3±9,5	7
Володарский район	276,5±23,0	5	1491,5±198,3	4	678,9±71,4	3	186,6±11,4	5
Первомайский район	289,8±30,5	4	1439,6±203,5	5	682,1±62,5	2	191,7±18,6	3
Марьинский район	239,7±21,2	7	1233,2±181,7	6	533,1±51,5	6	175,1±10,9	6
Александровский район	170,9±16,2	9	847,1±65,3	9	328,5±31,6	10	110,9±9,3	9
Краснолиманский район	158,6±14,0	10	775,9±70,2	10	429,7±38,7	9	88,5±6,4	10
Среднеобластной показатель	231,2±25,3		1531,6±281,6		527,1±53,0		172,1±12,7	

Анализируя данные табл. 2, необходимо отметить четко выраженную закономерность: достоверно самые высокие ($p < 0,05$) показатели заболеваемости населения на протяжении всего 26-летнего периода наблюдения регистрировались среди жителей трех крупнейших промышленных городов области – центров черной и цветной металлургии, химической и коксохимической промышленности (города Донецк, Константиновка и Мариуполь), а достоверно наиболее низкие ($p < 0,05$) – в популяциях двух периферийных, чисто сельскохозяйственных районов – Краснолиманского и Александровского. Различия в частоте возникновения всех заболеваний среди взрослого населения вышеуказанных групп территорий достигают 2,5-кратной величины, в то время как расхождения этих же показателей со среднеобластным уровнем составляет лишь 1,5-1,7 раза. Очень высокие показатели первичной заболеваемости, близкие соответствующим значениям для крупных городов области, характерны также для двух сельских районов – Первомайского и Володарского, расположенных в зоне негативного воздействия мощных атмосферных выбросов металлургических заводов г. Мариуполя. При этом по некоторым классам болезней (заболевания системы кровообращения, болезни органов пищеварения) в популяциях этих районов отмечаются более высокие уровни первичной заболеваемости, чем в некоторых крупных промышленных центрах. В целом же, по частоте возникновения большинства заболеваний среди взрослого населения, изучаемые территории Донецкой области можно условно разделить на три довольно четко различающиеся группы. В первую группу (с максимальными уровнями заболеваемости) входят города Донецк, Мариуполь и Константиновка, Первомайский и Володарский сельские районы; вторую группу (со

средними уровнями заболеваемости населения, достоверно не отличающимися ($p < 0,05$) от среднеобластных показателей) образуют города Артемовск и Славянск, а также Марьинский сельский район; в третью группу (с минимальными уровнями заболеваемости по всем классам болезней) входят Краснолиманский и Александровский сельские районы.

Анализируя и сопоставляя между собой данные таблиц 1 и 2, можно сделать вывод о том, что отобранные для углубленного анализа десять популяций имеют в целом сходную с областной структуру первичной заболеваемости взрослого населения. Так, закономерностью, общей для них и всего экоризисного региона в целом, является резкое преобладание среди прочих нозологических форм болезней органов дыхания (1-е место: 43,7%). Сравнительно высокий удельный вес в структуре первичной заболеваемости взрослых жителей Донецкой области имеют болезни системы кровообращения (2-е место: 6,7%), мочеполовой (3-е место: 5,7%) и костно-мышечной (4-е место: 5,1%) системы, а также патология органов пищеварения (5-е место: 3,5%). Остальные пять из десяти рассматриваемых классов болезней занимают в общей структуре менее 2,0% каждый, а в совокупности их доля составляет лишь 4,7%. Впрочем, медицинское и социально-экономическое значение этих нозологических форм от этого не уменьшается, так как они, как правило, характеризуются гораздо большей, чем часто возникающие заболевания, распространенностью и летальностью. Подтверждением этому служат данные табл. 1. Из данных видно, что сравнительно редко возникающим новообразованиям (7-е место: 1,2% в структуре первичной заболеваемости) принадлежит гораздо более важное место в структуре причин смертности населения (2-место: 13,7%). Значительно выше, чем в структуре частоты заболеваний, удельный вес в структуре распространенности патологии таких классов болезней, как заболевания эндокринной (1,1 и 3,0% соответственно) и нервной (1,9 и 2,9 %) систем, болезни органов пищеварения (3,5 и 2,9% соответственно), новообразования (1,2 и 2,3%). Напротив, болезни органов дыхания перемещаются с 1-го места в структуре частоты заболеваемости (43,7%) на 2-е место в структуре распространенности патологии (22,7%) и на 3-е место в структуре причин смертности (4,1%). На фоне этого особенно существенной в формировании патологии населения экоризисного региона представляется роль болезней системы кровообращения. Являясь часто возникающими заболеваниями (2-е место в структуре), они в то же время принадлежат к самым распространенным среди взрослых жителей Донецкой области (1-е место: 25,2%) и занимают ведущее положение как основная причина их смертности (1-е место: 60,9%).

Установленные общие закономерности структуры заболеваемости населения экоризисного региона имеют значительные особенности, обусловленные, по нашему мнению, различиями в уровнях антропогенного загрязнения окружающей среды городов и районов Донецкой области. Так, данные табл. 2 свидетельствуют о том, что достоверно ($p < 0,05$) более высокий, чем в среднем по области, удельный вес в структуре первичной заболеваемости взрослого населения городов Донецк, Мариуполь, Константиновка, Володарского и Первомайского сельских районов (максимальный уровень загрязнения экологической среды) занимают болезни пищеварения и дыхания, системы кровообращения, а также новообразования. В то же время, в экологически наиболее благополучных Александровском и Краснолиманском сельских районах таких отклонений от среднеобластных показателей не наблюдается ($p < 0,05$).

Общей закономерностью пространственного распределения большинства злокачественных опухолей в популяции экоризисного региона является возрастающий тренд частоты их возникновения в направлении от экологически более благополучных районов к менее благополучным. Исключение при этом составляют несколько локализаций новообразований, детерминируемых в основном природно-географическими или социально-бытовыми факторами (солнечное ультрафиолетовое излучение, климат, минерально-солевой состав питьевой воды, особенности быта, образа жизни и т.д.): рак губы и кожи, злокачественная меланома кожи, опухоли предстательной железы и шейки матки. В остальном же проявляется четкая закономерность: наиболее высокие ($p < 0,05$) уровни

частоты возникновения злокачественных опухолей большинства локализаций на протяжении всего 26-летнего периода наблюдения регистрировались среди жителей городов Мариуполь, Константиновка, Донецк, а также Первомайского и Володарского сельских районов, а наиболее низкие ($p < 0,05$) – среди сельского населения Александровского и Краснолиманского районов. Города Славянск, Артемовск и Марьинский сельский район образуют группу территорий со средним уровнем онкозаболеваемости населения, достоверно не отличающимся ($p < 0,05$) от среднеобластного показателя.

Учитывая огромную медицинскую и социально-экономическую значимость онкологических болезней, а также наиболее совершенную систему их регистрации (обязательные экстренные извещения, региональные и Национальный канцер-регистр), целесообразно рассмотреть методику и механизм расчета экономического ущерба для региона на их примере.

Злокачественные новообразования являются не только медицинской, но и важнейшей социально-экономической проблемой Украины, в особенности ее экологически неблагоприятных регионов, таких, как Донбасс. Заболеваемость и смертность от рака стабильно возрастает, риск их увеличивается в связи с неблагоприятной экологической ситуацией в стране и значительным старением населения. Уже сегодня риск заболеть раком составляет для мужчин 26%, для женщин 17%, то есть на протяжении жизни каждый четвертый мужчина и каждая шестая женщина имеют вероятность заболеть злокачественной опухолью.

Следует также отметить, что рак является причиной более 15% всех смертей в Украине, уступая лишь смертности от сердечно-сосудистых заболеваний, при этом 35% умерших от рака – лица трудоспособного возраста.

Злокачественные новообразования обуславливают 21,9-25,7% всех случаев инвалидизации населения, а в перерасчете на 10 тыс. работающих число первично признанных инвалидами по онкологическим заболеваниям составляет 9,6%.

Смертность от рака укорачивает продолжительность жизни мужской субпопуляции Украины на 3,4 года, женской – на 2,5 года.

Вышесказанное послужило предпосылкой для определения ориентировочных размеров ежегодного социально-экономического ущерба с заболеваемостью и смертностью населения Донецкой области от рака.

Общая величина этого ущерба складывается из двух частей: из экономических и социальных потерь, обусловленных возникновением рака, и безвозвратных потерь от онкосмертности.

Таким образом, вначале необходимо вычислить социально-экономический ущерб в связи с онкозаболеваемостью населения Донецкой области. Он равен сумме трех слагаемых: экономического ущерба в связи с выплатой пособия по временной нетрудоспособности, экономических потерь от стоимости несозданной продукции за время болезни человека и общей стоимости медицинского обслуживания пациента.

Экономический ущерб с потерями от стоимости несозданной продукции был определен таким образом. За основу расчета приняты следующие исходные данные: величина валового внутреннего продукта (ВВП) Украины равна 32,5 млрд у.е. в год (1 у.е. равна 1 дол. США по курсу НБУ на 1.06.2006 г.); ВВП Донецкой области равен 20% ВВП Украины, или 6,5 млрд у.е., что составляет около 3000 у.е. на одного трудоспособного жителя региона (8,0 у.е. в день); ежегодно в Донецкой области заболевает раком приблизительно 18000 человек, из которых 3500 чел. трудоспособного возраста (20-59 лет) и 14500 чел. – нетрудоспособного; средняя длительность периода нетрудоспособности – 8 месяцев (176 рабочих дней). Таким образом экономический ущерб региона в связи с несозданной продукцией равен $3500 \times (176 \times 8,0) = 3500 \times 1408 = 4,9$ млн. у.е. в год.

Исходными данными для расчета экономического ущерба области в связи с выплатой пособия по временной нетрудоспособности послужили: средний размер пособия по временной нетрудоспособности (5 у.е. в день на 1 работающего); среднее ежегодное число

онкобольных в возрасте 20-59 лет (3500 чел.); средняя длительность одного случая нетрудоспособности, связанного с заболеванием раком (176 дней). Таким образом, экономический ущерб с выплатой пособия по временной нетрудоспособности (без учета возможной последующей инвалидизации трудоспособного населения) равен:

$$3500 \times (176 \times 5,0) = 3500 \times 880 = 3,1 \text{ млн. у.е. в год.}$$

Общая стоимость медицинского обслуживания онкологических больных определялась как сумма расходов на специализированную стационарную помощь и стоимость амбулаторного курса лечения после выписки из стационара. Исходными данными для расчетов были следующие: продолжительность стационарного и амбулаторного курсов принималась по 2 месяца (60 дней) в год; 1 день пребывания онкобольного в стационаре стоит 9 у.е., 1 день амбулаторного лечения – 4 у.е., таким образом, общая ежегодная стоимость медицинского обслуживания больных злокачественными новообразованиями в Донецкой области равна: $1800 \times (60 \times 9 + 60 \times 4) = 18000 \times 780 = 14,0 \text{ млн. у.е. в год.}$

Итак, получив все три слагаемых социально-экономического ущерба в связи с онкологической заболеваемостью населения Донецкой области, определяем:

$$4,9 + 3,1 + 14,0 = 22,0 \text{ млн. у.е. в год.}$$

Социально-экономический ущерб от онкологической смертности населения определялся с учетом следующих исходных данных: ежегодно в среднем от рака умирают 900 трудоспособных жителей области и 3600 – нетрудоспособных; условная стоимость жизни (по экономическим показателям) трудоспособного жителя Донецкой области принимается равной 60000 у.е., нетрудоспособного – 10000 у.е. [Шутов М.М., 1998]. Таким образом, социально-экономический ущерб области от онкосмертности равен

$$(3600 \times 10000) + (900 \times 60000) = 36,0 \text{ млн.} + 54,0 \text{ млн.} = 90 \text{ млн. у.е. в год.}$$

Теперь вычисляем общий среднегодовой социально-экономический ущерб, обусловленный онкологической заболеваемостью населения Донецкой области смертностью от рака: $22 \text{ млн.} + 90 \text{ млн.} = 112 \text{ млн. у.е. в год.}$ Сопоставив величину ущерба от онкологической патологии с размером ВВП региона (6,5 млрд. у.е.), получаем, что он равен примерно 2,0% от ВВП Донецкой области.

Найденная величина социально-экономического ущерба от онкологической патологии в экологически неблагоприятном регионе (Донецкой области) носит вероятно-минимальный характер, так как не включает множество сопутствующих затрат (инвалидизация онкобольных и связанные с этим выплаты социальных пособий; расходы пациентов по личному приобретению дорогостоящих медикаментов, диетических продуктов питания; выплаты по больничным листам лицам, ухаживающим за онкобольными; социально-экономический эквивалент морально-психологического ущерба; расходы на санаторно-курортное оздоровление и реабилитационные мероприятия и т. д.). Однако и 2,0% от ВВП – это огромная величина, так как все расходы областного бюджета на здравоохранение региона превышает ее лишь в 1,5-2 раза.

Аналогичным образом были проведены расчеты экономического ущерба по другим классам болезней. Итоги этого исследования представлены в табл. 3.

Как видно из табл. 3, в целом четыре проанализированных класса болезней уменьшают годовой ВВП Донецкой области на 10,9%, однако экономический ущерб, причиняемый ими популяциям наименее благополучных в экологическом отношении городов Донецк, Мариуполь и Константиновка, почти в 3 раза больше: 27,2 % или 393,4 у.е. на 1 жителя в год. Наоборот, экономические потери в наименее загрязненных сельских районах – Краснолиманском и Александровском – в 2 раза ниже, чем в среднем по области и более чем в 5 раз меньше, чем в вышеуказанных городах.

**Среднегодовой удельный экономический ущерб от заболеваемости населения
Донецкой области (в у.е. на 1 чел.) (M±m, 1990-2005 гг.)**

Города и районы в группах сравнения	Наименование классов болезней				Всего по четырем классам болезней
	Злокачественные новообразования	Болезни системы кровообращения	Болезни органов дыхания	Болезни органов пищеварения	
Группа 1 (максимальный уровень загрязнения экологической среды) г. Донецк, г. Мариуполь, г. Константиновка	73,1 ± 5,6*	156,3 ± 10,4*	131,7 ± 6,2*	32,3 ± 2,7*	393,4 ± 21,8 27,2 %
Группа 2 (минимальный уровень загрязнения экологической среды) Александровский, Краснолиманский, сельские районы	10,2 ± 1,7	39,4 ± 6,2	12,6 ± 2,3	15,5 ± 1,9	77,7 ± 8,9 5,4%
В целом по Донецкой области	24,8 ± 1,3 1,8%	69,3 ± 4,5 4,8%	37,5 ± 3,2 2,6 %	24,6 ± 2,1 1,7%	156,2 ± 8,2 10,9%

Примечания: 1. среднегодовое значение ВВП на 1 жителя Донецкой области составляет 1444 у.е.;

2. * – различие между 1 и 2 группами достоверно ($p < 0,05$).

Выводы

1. Ведущей современной закономерностью территориального распределения патологии среди населения Донецкой области являются ее достоверно ($p < 0,05$) самые высокие показатели в популяциях городов Донецк, Мариуполь и Константиновка, в структуре промышленности которых преобладают металлургия, химия и коксохимия, относящиеся к основным источникам поступления тяжелых металлов в окружающую среду, а также среди жителей сельских районов (Володарский и Первомайский), испытывающих мощное влияние их атмосферных выбросов. Наиболее низкие ($p < 0,05$) показатели частоты возникновения всех заболеваний на протяжении 23-летнего периода наблюдения регистрируются среди населения периферийных, чисто сельскохозяйственных районов – Краснолиманского и Александровского.

2. В структуре заболеваемости населения экокризисного региона наибольший удельный вес принадлежит болезням органов дыхания (1-е место: 43,7%), системы кровообращения (2-е место: 6,7%), мочеполовой (3-место: 5,7%) и костно-мышечной (4-е место: 5,1%) систем, а также заболеваниям органов пищеварения (5-е место: 3,5%). Выявлены закономерные региональные отличия в структуре частоты возникновения заболеваний среди жителей Донецкой области. Достоверно ($p < 0,05$) более высокую, чем в среднем по региону, долю в структуре первичной заболеваемости населения городов Донецк, Мариуполь, Константиновка, Володарского и Первомайского сельских районов (максимальный уровень загрязнения экологической среды) занимают болезни органов пищеварения и дыхания, системы кровообращения, а также злокачественные новообразования. В противоположность этому, в экологически условно "чистых" сельских районах (Краснолиманском и Александровском) таких отклонений от среднеобластных показателей не наблюдается ($p < 0,05$).

3. Экономический ущерб от заболеваемости и смертности населения экокризисного региона максимален по четырем классам заболеваний: болезням системы кровообращения,

органов дыхания и пищеварения, а также злокачественном новообразованиям. В целом эти болезни уменьшают ВВП Донецкой области на 10,9%.

4. Величина экономического ущерба от экологически обусловленной заболеваемости и смертности максимальна в субпопуляциях городов Донецк, Мариуполь и Константиновка (393,4 у.е. на 1 чел. в год) и минимальна – в сельских районах (Краснолиманский, Александровский), благополучных в экологическом отношении – 77,7 у.е. на 1 чел. в год.

Список литературы

1. *Азарков В.И., Грищенко С.В., Грищенко В.П.* Атлас гигиенических характеристик экологической среды Донецкой области. – Донецк: Донеччина, 2001.
2. *Білецька Е.М.* Гігієнічна характеристика важких металів у навколишньому середовищі та їх вплив на репродуктивну функцію жінок: Автореф. дис. – К., 1998.
3. *Боев В.М., Лесцова Н.М., Амерзянова Н.М. и др.* Гигиеническая оценка содержания микроэлементов в питьевой воде и продуктах питания в системе социально-гигиенического мониторинга // Гигиена и санитария. – 2002. – № 2. – С. 71-73.
4. *Голяченко О.М., Сердюк А.М., Приходський О.О.* // Соціальна медицина, організація та економіка охорони здоров'я. – Тернопіль-Київ-Вінниця, 1997.
5. *Мудрый И.В.* Тяжелые металлы в системе почва – растение – человек (обзор) // Гигиена и санитария. – 1997. – № 1. – С. 14-17.
6. *Оценка рисков для организма человека, создаваемых химическими веществами: обоснование ориентировочных величин для установления предельно допустимых уровней экспозиции по показателям влияния на состояние здоровья / Гигиенические критерии состояния окружающей среды 170 // Всемирная организация здравоохранения // Женева, 1995.*
7. *Паранько Н.М., Рублевская Н.И.* Гигиеническая характеристика загрязнения тяжелыми металлами окружающей среды промышленного региона и иммунный статус детей // Гигиена и санитария. – 1999. – № 2. – С. 51-54.
8. *Стратегия оценки безопасности пищевых продуктов, полученных с помощью биотехнологии: Доклад объединенного совещания ФАО/ВОЗ. – Женева: ВОЗ, 1994.*
9. *Тимофеев М.М., Александров С.Н. и др.* Загрязнение тяжелыми металлами Донецкой области, их судьба в почве, растениях, животных, механизмы действия в биологических объектах. – Донецк, 1996.
10. *Шахгельдянц А.Е.* Лечебно-профилактическая помощь рабочим промышленных предприятий. – М.: Медицина, 1978. – 168 с.
11. *Шутов М.М.* Организационно-экономический механизм развития системы здравоохранения в регионе. – Донецк: ВИК, 2005. – 320 с.

Грищенко І.І., Солдак І.І., Нагорний І.М., Свестун Р.С., Попова М.В., Бугашева Н.В. Економічні наслідки несприятливого впливу довкілля на здоров'я населення екокризового регіону України. – Найвагоміший внесок у формування патології серед населення екокризового регіону України – Донецької області мають хвороби системи кровообігу, дихальної системи, травлення, а також злоякісні новоутворення. Економічний збиток народного господарства області від цих захворювань становить близько 8% від валового внутрішнього продукту регіону. Максимальні величини економічного збитку у зв'язку із захворюваністю населення є максимальними у містах та районах з високим рівнем антропогенного забруднення, а мінімальні – на територіях, сприятливих у цьому відношенні.

Ключові слова: здоров'я, екологія, захворюваність, економічний збиток, екокризовий регіон.

Grishenko I.I., Soldak I.I., Nagorniy I.M., Svestun R.S., Popova M.V., Bugasheva N.V. **Economical sequences of effects of polluted environment on people's health of regions which are reported to be in ecological crisis.** – Diseases of blood circulation system, diseases of respiratory system, diseases of digestive system and various malignancy processes take the highest range in the structure of diseases of the most polluted region (Donetsk regions). Economical failure makes up to hundreds millions dollars and is about 8% of general region budget. Maximal spendings are registered in highly polluted cities. Minimal spendings are registered in ecologically safe territories.

Key words: health, ecology, rate of morbidity, economical damage, ecological crisis in region.

О.И. Доценко

**ВЛИЯНИЕ СТРУКТУРЫ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ МЕМБРАНЫ
ЭРИТРОЦИТОВ НА ПРОЦЕСС СОРБЦИИ ИОНОВ СВИНЦА**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Доценко О.И. Влияние структуры и электрохимических свойств мембраны эритроцитов на процесс сорбции ионов свинца. – В экспериментах *in vitro* с использованием математического моделирования изучен процесс связывания ионов Pb^{2+} с нативной мембраной тений эритроцитов и их белок-липидным матриксом (периферические белки экстрагированы). Показано, что связывание ионов Pb^{2+} происходит как с белковой (периферические и интегральные белки), так и липидной фазами мембраны. Рассчитаны константы связывания и концентрации центров связывания. Показано, что на константу связывания ионов Pb^{2+} с интегральными белками белок-липидного матрикса существенно влияют особенности структурного состояния и электрохимические свойства мембраны.

Ключевые слова: мембраны эритроцитов, ионы Pb^{2+} , константы связывания.

Введение

Свинец как глобальный загрязнитель окружающей среды и классический промышленный яд продолжает оставаться в центре внимания специалистов широкого профиля, включая токсикологов, гигиенистов и экологов. Антропогенная свинцовая нагрузка, характерная для многих регионов мира, может индуцировать целый комплекс факторов, которые способны вызывать нарушения практически на всех уровнях биологической организации, включая экосистемы [1].

Среди многочисленных "мишеней" тяжелых металлов свободные радикалы и противостоящие им антиоксидантные системы занимают особое положение, так как нарушение баланса между образованием и гашением свободных радикалов обычно приводит к развитию окислительного стресса с последующей реальной угрозой гибели клетки и организма в целом. Свинец считается одним из наиболее токсичных среди тяжелых металлов. Его прооксидантные эффекты и ингибирующее влияние на антиоксидантные ферменты, обычно более выражены при острых отравлениях, в том числе производственного характера. При хроническом действии, как, например, у популяций животных, которые проживают в течение многих поколений на загрязненных свинцом территориях, активность ферментов подвергается сложным изменениям, в том числе может возвращаться к исходному уровню или даже превосходить его благодаря включению многочисленных адаптационно-регуляторных или селективных механизмов [2].

Известно, что при введении неорганических соединений свинца в кровь или в эритроцитарную суспензию ионы свинца быстро проникают в эритроциты. Одновременно наблюдается выраженные изменения биохимического и физиологического состояния красных кровяных клеток: повышение проницаемости мембран для калия, изменение механической и осмотической резистентности, резкое подавление клеточного метаболизма, гемолиз. Литературные данные свидетельствуют об окислительном механизме гемолиза, вызванного свинцом.

В последние десятилетия в связи с тем, что антропогенная нагрузка достигла угрожающих масштабов, экологический и производственный аспекты влияния свинца приобрели особую остроту, что и предопределило целесообразность настоящего исследования.

В связи с вышесказанным, **цель исследования** состояла в изучении процесса связывания ионов Pb^{2+} с мембраной тений эритроцитов и влияния на этот процесс изменений структуры и электрохимических свойств мембраны.

Материалы и методы исследований

Эритроциты мышей отделяли от других форменных элементов крови по общепринятым методикам [3] и тщательно отмывали в большом объеме изотонического раствора хлорида натрия путем центрифугирования при 1500 об/мин в течение 10 мин. После этого эритроциты лизировали добавлением 0,015 М раствора NaCl. Затем тень ресуспендировали в этом же растворе и трижды отмывали в физиологическом растворе с последующим центрифугированием и отделением супернатанта в течение 10 мин при 3000 об/мин.

Общее содержание белка в мембране эритроцитов определяли по методу Лоури после их солюбилизации детергентом (1 мл суспензии теней эритроцитов инкубировали 1 час при 37°C с 4 мл 0,5% раствором ДДС при постоянном перемешивании [4]).

Для постановки эксперимента по изучению связывания ионов Pb^{2+} с мембраной эритроцитов использовали суспензию теней эритроцитов, с содержанием белка 0,5 мг/мл и раствор хлорида свинца 0,00059 моль/л. Концентрация белка в точках серии поддерживали постоянной и равной 0,025 мг/мл, концентрацию ионов Pb^{2+} варьировали в интервале $2,95 \cdot 10^{-5} \div 4,42 \cdot 10^{-4}$ моль/л. До общего объема растворы доводились добавлением физиологического раствора. Точки серии выдерживались в течение 20 мин, после чего клетки отделяли от раствора путем центрифугирования при 1500 об/мин в течение 10 мин.

В надосадочной жидкости определяли несвязанную концентрацию ионов Pb^{2+} . Для этого аликвотную часть супернатанта оттитровывали трилоном Б в присутствии индикатора ксиленолового оранжевого в среде ацетатного буфера (рН=6,0).

Для эксперимента использовали нативные мембраны теней эритроцитов и их белок-липидный матрикс (периферические белки экстрагированы). Для экстракции периферических белков тень эритроцитов инкубировали в течение 1 часа в 1 М растворе KCl, рН 9,0 при 37°C [4], и переосаждали центрифугированием (3000 об/мин, 10 мин). От периферических белков тень эритроцитов отмывали 1,5 М раствором NaCl. Полученные мембраны, представляющие собой белок-липидный матрикс, использовали для изучения связывания ионов Pb^{2+} , как описано выше.

Параметры связывания ионов Pb^{2+} с мембраной эритроцитов определяли исходя из предположения возможного кооперативного связывания, используя подход Хилла.

Уравнение материального баланса для ионов Pb^{2+} (далее лиганда) представляли в виде

$$L_{\text{общ.}L} = L + \sum_{j=1}^m (v_{j1} C_{\text{общ.белка}} + v_{j2} C_{\text{общ.белка}}) \quad (1),$$

где $C_{\text{общ.белка}}$ – общая концентрации белка эритроцитарной мембраны, $L_{\text{общ.}L}$ – концентрация лиганда, отнесенная к количеству белка в г, L – свободная (несвязанная) концентрация лиганда, отнесенная к количеству белка в г, v_{j1} – число молей лиганда, связанных с 1 г белка мембраны эритроцита в центрах связывания j -го типа при отсутствии кооперативного связывания, v_{j2} – число молей лиганда, связывающегося кооперативно с 1 г белка мембраны эритроцита в центрах связывания j -го типа.

Константа некооперативного связывания лиганда с центрами j -го типа определялась по уравнению (2), а для случая кооперативного связывания – по уравнению 3

$$K_j = \frac{v_{j1} C_{\text{общ.белка}}}{L \cdot C_{\text{общ.белка}} (n_{j1} - v_{j1})} \quad (2)$$

$$K_j^{n_j} = \frac{v_{j2} C_{\text{общ.белка}}}{L \cdot C_{\text{общ.белка}} (n_{j2} - v_{j2})} \quad (3),$$

где $K_j^{n_j}$ – константа кооперативного связывания для лиганда в центрах типа j ; n_{j1} – количество центров связывания типа j , на которых лиганд связывается некооперативно, n_{j2} –

количество центров связывания типа j , на которых лиганд связывается кооперативно. $n_{j1} + n_{j2} = n_j$ – количество центров связывания типа j .

Подставляя уравнения 2 и 3 в уравнение 1 получаем общую концентрацию лиганда для i точек серии:

$$L_{общ, L_i} = L_i + \sum_{j=1}^m \left(\frac{n_{j1} C_{общ, белка} \cdot L_i \cdot K_j}{1 + K_j L_i} + \frac{n_{j2} C_{общ, белка} \cdot L_i^{n_j} \cdot K_j^{n_j}}{1 + L_i^{n_j} \cdot K_j^{n_j}} \right) \quad (4),$$

где i – номер экспериментальной точки, отличающиеся концентрацией вводимого лиганда, m – число типов центров связывания.

В уравнении $C_{общ, белка} \cdot n_j$ – молярная концентрация центров связывания, приходящаяся на грамм белка мембраны эритроцита (N_j).

Для i точек серии, отличающихся концентрацией ионов Pb^{2+} записываем:

$$L_{общ, L_i} = L_i + \sum_{j=1}^m \left(\frac{N_{j1} \cdot L_i \cdot K_j}{1 + K_j L_i} + \frac{N_{j2} \cdot L_i^{n_j} \cdot K_j^{n_j}}{1 + L_i^{n_j} \cdot K_j^{n_j}} \right) \quad (5)$$

Наличие математической модели позволяет построить процедуру сопоставления экспериментальных данных, которыми являются свободные концентрации Pb^{2+} в каждой экспериментальной точке и априорных представлений о схеме протекания процесса связывания с мембраной.

На начальном этапе моделирования константы образования K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j задают в виде ориентировочных величин ("нулевая гипотеза"). Для каждой точки рассчитывают величину теоретического значения свободной концентрации свинца ($L_i^{теор}$), после чего находят в каждой точке разность ($L_i^{теор} - L_i^{эксн}$) и минимизируют функционал $F = \sum_j (L_i^{теор} - L_i^{эксн})^2$ по всем экспериментальным точкам i . В ходе поисковой оптимизации определяли такой набор K_j, N_{j1}, N_{j2}, n_j , при котором F достигает своего минимума.

Задача решалась с применением методов поисковой оптимизации. Для отыскания минимума функции применен метод "деформируемого многогранника". Основное требование к модели: оптимальные значения параметров должны обеспечивать наименьшие отклонения рассчитанных свойств системы от соответствующих экспериментальных значений этих свойств.

Вычисление параметров связывания проводили с использованием специально разработанных компьютерных программ.

Результаты и обсуждение

Изотермы связывания ионов Pb^{2+} с нативной мембраной тений эритроцитов и их белок-липидным матриксом (периферические белки экстрагированы) показаны на рис. 1 (зависимости 1, 2). Видно, что экстракция периферических белков приводит к падению связывания, что может быть обусловлено двумя причинами:

1 – ионы Pb^{2+} связываются как с гидрофобным белок-липидным матриксом, так и с периферическими белками; следовательно, после экстрагирования периферических белков изменяется конечное число связанных молекул;

2 – известно [5, 6], что экстракция периферических белков приводит к изменению структуры интегральных белков и электрохимических свойств белок-липидного матрикса мембран, что также может привести к снижению связывания ионов.

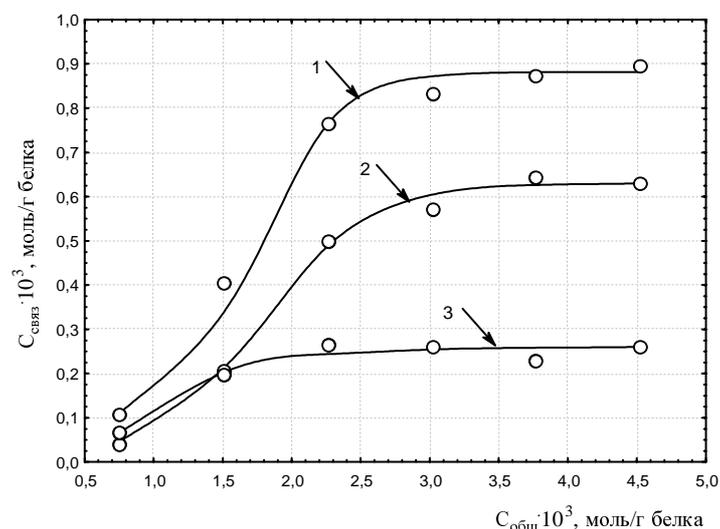


Рис. 1. Изотермы связывания ионов Pb^{2+} с нативной мембраной эритроцитов (1) и белок-липидным матриксом мембраны (2) и периферическими белками (3). Точками нанесены экспериментальные данные, сплошная линия – изотерма связывания, рассчитанная по разработанной модели

С целью выяснения закономерностей влияния периферических белков на процесс связывания ионов Pb^{2+} и структуру белок-липидного матрикса, было проведено математическое моделирование процессов связывания.

Результаты математического моделирования свидетельствуют о том, что на нативной мембране эритроцита существует три типа центров связывания для ионов Pb^{2+} , отличающиеся по сродству к этим ионам. Рассчитанные параметры связывания ионов Pb^{2+} с нативной мембраной эритроцитов приведены в таблице 1. На рис. 1. показана расчетная кривая связывания. Модель, включающая три центра связывания, обеспечивает наименьшее расхождение между экспериментальными и расчетными значениями связанной концентрации ионов Pb^{2+} .

Таблица 1

Параметры связывания ионов Pb^{2+} с нативной мембраной эритроцитов

Центр связывания, j	Константа связывания, K_j	Концентрация центров связывания, моль/ г белка, N_j
1	1410,4	$3,37 \cdot 10^{-4}$
2	588,11	$2,91 \cdot 10^{-4}$
3	664	$2,53 \cdot 10^{-4}$

Рассчитанные параметры связывания ионов Pb^{2+} с белок-липидным матриксом мембраны эритроцитов (периферические белки экстрагированы) приведены в таблице 2. В данном случае также была использована модель, включающая три центра связывания, обеспечивающая минимальное расхождение между расчетными и экспериментальными данными (рис. 1). Выполненные расчеты показали, что удаление периферических белков с поверхности эритроцитов приводит к снижению как количества центров связывания первого типа, так и константы связывания с этими центрами. Концентрация же двух других центров связывания, а также сродство этих центров к ионам свинца практически не изменяется.

Параметры связывания ионов Pb^{2+} с белок-липидным матриксом эритроцитов

Центр связывания, j	Константа связывания, K_j	Концентрация центров связывания, моль/ г белка, N_j
1	1306,8	$1,45 \cdot 10^{-4}$
2	560,11	$2,58 \cdot 10^{-4}$
3	699,12	$2,28 \cdot 10^{-4}$

Изменение стандартной свободной энергии связывания ионов Pb^{2+} с мембраной можно определить по формуле:

$$\Delta G^0 = -RT \ln K \quad (6)$$

где R – газовая постоянная, T – абсолютная температура, K , K – константа связывания.

Изменение стандартной свободной энергии при связывании ионов Pb^{2+} с центрами различных типов приведены в таблице 3.

Изменение стандартной свободной энергии при связывании ионов Pb^{2+} с центрами различных типов

Вид мембраны	ΔG^0 связывания ионов Pb^{2+} с центрами типа j , кДж/моль		
	$j=1$	$j=2$	$j=3$
Нативная мембрана	17,67	15,53	15,83
Белок-липидный матрикс (периферические белки не экстрагированы)	17,48	15,42	15,96

Электростатическое взаимодействие характеризуется, как известно, небольшими величинами ΔG^0 : 12–16 кДж/моль. Таким образом, с центрами второго и третьего типов ионы Pb^{2+} связываются только электростатически. Этот факт позволяет предположить, что эти центры расположены в липидной фазе мембраны эритроцитов. На центрах первого типа ионы Pb^{2+} фиксируются помимо дальнедействующих электростатических сил также силами ближнего порядка.

Установлено, что при связывании молекул, имеющих положительный заряд (катионов) с интегральными мембранными белками, их молекулы локализуются на границе между полярной и неполярной областями мембраны [5]. Тогда падение величины константы связывания с центрами первого типа можно рассматривать как результат изменения электрохимических свойств белок-липидного матрикса мембран. Действительно, связывание заряженных молекул лигандов, к которым относятся и ионы Pb^{2+} , с поверхностью мембраны, имеющей определенный зарядовый рельеф, определяется двумя факторами: сродством лиганда к центру связывания и поверхностным потенциалом φ , определяющим концентрацию лиганда в двойном электрическом слое. В этом случае удаление периферических белков приводит к изменению поверхностного потенциала и, соответственно, к изменению концентрации лиганда в примембранных слоях.

Рассчитанная в соответствии с данной моделью величина константы связывания с центрами первого типа на нативной мембране тений эритроцитов составляет $1410,4 \text{ M}^{-1}$ и уменьшается до $1306,8 \text{ M}^{-1}$ в результате экстракции периферических белков.

Согласно известному закону распределения Больцмана, концентрация ионов Pb^{2+} (C_i) в примембранном слое определяется величиной поверхностного потенциала на мембране:

$$C_i = C_0 \exp\left(-\frac{zF\varphi}{RT}\right) \quad (7),$$

где $z = +2$ – заряд ионов Pb^{2+} , C_0 – концентрация ионов в объеме раствора, F – число Фарадея.

Как следует из уравнения 7, соотношение величин констант связывания описывает изменение поверхностного потенциала мембраны:

$$\varphi_2 - \varphi_1 = -\frac{zRT}{F} \ln \frac{K_1}{K_2} \quad (8)$$

где K_1 и K_2 – константы связывания ионов Pb^{2+} с мембраной теней эритроцитов до и после экстракции периферических белков.

В случае изменения константы связывания от $1410,4 \text{ M}^{-1}$ до $1306,8 \text{ M}^{-1}$ поверхностный потенциал изменяется на величину $\Delta\varphi = \varphi_2 - \varphi_1 = -3,8 \text{ мВ}$. Полученные результаты согласуются с установленным ранее фактом [5, 6], что при экстракции периферических белков отрицательный потенциал становится более высоким, так как экстрагируемые периферические белки являются поликатионами. Однако в этом случае более высокий отрицательный потенциал мембраны с экстрагированными белками должен был способствовать к повышению концентрации ионов Pb^{2+} в примембранном слое, и, следовательно, к усилению связывания.

Таким образом, анализируя процесс сорбции ионов Pb^{2+} можно предположить, что он обусловлен взаимодействием как с гидрофобным белок-липидным матриксом мембраны, так и с периферическими белками. Поскольку экстракция приводит к удалению периферических белков, то естественно связать уменьшение числа центров связывания именно с этими белками. В связи с этим зависимость 3 (рис. 1), отражающая процесс связывания ионов Pb^{2+} с периферическими белками мембраны, получена по разности между величиной сорбции ионов Pb^{2+} на нативных мембранах и мембранах с экстрагированными периферическими белками. Понижение константы связывания с центрами первого типа можно объяснить значительными структурными изменениями белок-липидного матрикса в сторону возрастания неупорядоченности и увеличения подвижности белкового и липидного компонентов мембраны [7].

Выводы

1. Установлено, что на мембране эритроцита три типа центров связывания для ионов Pb^{2+} , отличающиеся по сродству к этим молекулам и по содержанию в мембране эритроцитов. Константы связывания для ионов Pb^{2+} с белками мембраны эритроцита, их значения составили $1410,4$, $588,11$ и $664,0 \text{ M}^{-1}$.

2. Экстракция периферических белков приводит к уменьшению величины константы связывания с центрами первого типа до $1306,8 \text{ M}^{-1}$ вследствие увеличения неупорядоченности и увеличения подвижности белкового и липидного компонентов мембраны

3. Сорбция ионов Pb^{2+} мембраной теней эритроцитов осуществляется за счет связывания как с интегральными белками белок-липидного матрикса мембран, так и с периферическими белками. При этом величина связывания определяется как особенностями структурного состояния, так и электрохимическими свойствами мембраны.

Список литературы

1. Трахтенберг И.М., Утко Н.А., Короленко Т.К., Мурадян Х.К. Влияние свинца на развитие окислительного стресса // Токсикологический вестник. – 2002. – № 3. – С. 22-26.
2. Трахтенберг И.М., Короленко Т.К., Утко Н.А. Свинец и окислительный стресс // Совр. пробл. токсикол. – 2001. – № 4. – С. 50-54.

3. *Лабораторные методы исследования в клинике: Справочник / Сост. В.В. Меньшиков, Л.Н. Делекторская, Р.П. Золотницкая и др. – М., 1987.*
4. *Макурина О.Н., Древаль В.И. Изменение периферических и интегральных белков микросом печени кур в онтогенезе // Изв. АН СССР. Сер. Биология. – 1986. – № 6. – С. 926-929.*
5. *Древаль В.И., Финашин А.В., Баранник Е.А. Исследование связывания бромтимолового синего с плазматическими мембранами // Укр. биохим. журн. – 1989. – Т. 62, № 2. – С. 94-98.*
6. *Древаль В.И. Изменение структуры липидного компонента плазматических мембран при экстракции периферических белков // Укр. биохим. журн. – 1989. – Т. 63, № 1. – С. 91-94.*
7. *Ивков В.Г., Берестовский Г.Н. Липидный бислой биологических мембран. – М.: Наука, 1982. – 224 с.*

Доценко О.І. Вплив структури й електрохімічних властивостей мембрани еритроцитів на процес сорбції іонів плумбуму. – В експериментах *in vitro* з використанням математичного моделювання вивчено процес зв'язування іонів Pb^{2+} з нативною мембраною тіней еритроцитів і їх білок-ліпідним матриксом (периферичні білки екстраговані). Показано, що зв'язування іонів відбувається як з білковою (периферичні й інтегральні білки), так і ліпідною фазами мембрани. Розраховано константи зв'язування і концентрації центрів зв'язування. Показано, що на константу зв'язування іонів Pb^{2+} з інтегральними білками білок-ліпідного матриксу істотно впливають особливості структурного стану й електрохімічні властивості мембрани.

Ключові слова: мембрани еритроцитів, іони Pb^{2+} , константи зв'язування.

Dotsenko O.I. The influence of structure and electrochemical property of erythrocyte membrane on process of lead's ions. – It is studied in the *in vitro* experiments with use of mathematical modeling process of ions Pb^{2+} binding with native erythrocyte ghosts and their protein–lipid matrix (peripheral proteins were extracted). It is showed, that ions Pb^{2+} binding happens with protein (peripheral and integral proteins) and lipid phases of membrane. It is calculated the constants of binding and concentrations of binding centers. It is showed, that on constant of binding of ions Pb^{2+} with integral proteins of protein–lipid matrix appreciably influence the characteristics of structure condition and electrochemical property of membranes.

Key words: erythrocyte membranes, ions Pb^{2+} , the constants of binding.

М.В. Максимович, Н.В. Говта
ТЕХНОЛОГИЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ГЕНЕРАЛЬНОЙ ДОМИНИРУЮЩЕЙ
МОТИВАЦИИ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: biophys@bio.donbass.com

Максимович М.В., Говта Н.В. Технология определения генеральной доминирующей мотивации. – Представлена технология выявления генеральной доминирующей мотивации личности и результаты ее применения у разных групп населения, а также найдена связь ГДМ с условиями экологического проживания.

Ключевые слова: мотивация, технология определения, нравственность.

Введение

Реагирование человека на любое воздействие, экологическое не исключение, осуществляется через мотивацию. Мотивация – это агрегированное сочетание: 1) некоторой потребности, которая сама по себе безразлична к объектам и способам ее удовлетворения; 2) конкретного целевого объекта ее удовлетворения выбранного из диффузного множества; 3) предвкушаемого наслаждения от удовлетворения потребности именно этим выбранным объектом.

Приведенное определение мотивации больше относится к, так называемой, текущей (сиюминутной) доминирующей мотивации. Ей посвящены многочисленные исследования [3, 6, 7]. Однако у человека на выбор из альтернатив, на формирование текущей доминирующей мотивации влияет генеральная доминирующая мотивация [5]. Она представляет собой совокупность стойких долговременных характеристик конкретной личности, отличающих, с одной стороны, особенности ее поступков и поведение, с другой, – сами поступки и поведение от действий и деятельности. В упомянутой публикации М. Максимовича и в его дипломной работе [5] представлена координатная структура генеральной доминирующей мотивации (ГДМ) и способы определения её основных компонентов – первичных психологических показателей. Однако способы не были доведены до пооперационной технологии с четкими тестовыми ограничениями, суживающими возможность неправдивых ответов, как это сделано в, так называемом, "детекторе лжи". Технология отличается не только рецептурным составом и последовательностью действий, но и временными рамками каждого из них. В связи со сказанным была поставлена задача разработать технологию определения генеральной и текущей доминирующих мотиваций.

Материалы и методы исследования

Исследования проведены на добровольцах, среди которых было 100 студентов, 400 жителей больших городов и 150 человек военнослужащих. Респондентам было предложено ответить на следующие вопросы анкеты с вариантами ответов.

1. Вы предпочитаете, сами давать задания другим (были ведущим) или Вам легче самому добросовестно решить возникшую задачу и выполнить распоряжение другого человека?

2. Варианты ответов: а) дать задание другим; б) выполнить самому; в) пропорции ... к...

Детализируйте ответы (см. таблицу) на 1-й вопрос по роду занятий.

Варианты ответов: а) "да" в 1-м или 2-м столбце; б) в пропорции ... к

№ п/п	Род совместных занятий	Предпочитаете		
		распоряжаться	исполнять	насколько чаще 1-е или 2-е (пропорция)
1	При трудовой деятельности			
2	При отдыхе			
3	При проживании (в семье, общежитии)			

1. Вы бы предпочли партнера (союзника), у которого преобладают материальные устремления?

Ответ	Да	Нет
Партнер		
По совместной деятельности		
По совместному отдыху		
По совместному проживанию в семье		

2. Вы бы предпочли партнера (союзника), у которого преобладают духовные устремления?

Ответ	Да	Нет
Партнер		
По совместной деятельности		
По совместному отдыху		
По совместному проживанию в семье		

1. Как Вы считаете, в какой пропорции (%) у Вашего партнера должны быть материальные и духовные устремления, если в сумме они составляют 100%.

2. В какой пропорции (%) материальные и духовные устремления присущи Вам, если в сумме они составляют 100%.

3. Считаете ли Вы, что ради блага людей, в том числе Вашего блага, блага Ваших партнеров, союзников, родных, близких можно временно ограничить свободу, права других людей, не давать всей информации о трудностях достижения прогнозируемого блага?

Варианты ответа: да, нет, иногда.

1. Без чего, по вашему мнению, жизнь бессмысленна? Без свободы; любви к Вам; любви Вашей к другим; творчества; зажиточности; детей; служения Богу?

Расставьте в порядке важности для Вас – от наиболее к наименее важному; либо все не имеет ценности; если что-то упущено добавьте.

1. Вас устроил бы партнер, у которого во всем расчет?

Ответ	Да	Нет
Общение		
При совместной деятельности		
При совместном отдыхе		
При совместном проживании в семье		

2. Вас устроил бы партнер, у которого во всем преобладает эмоциональность?

Ответ	Да	Нет
Партнер		
При совместной деятельности		
При совместном отдыхе		
При совместном проживании в семье		

3. Какую часть при выборе решений должен составлять расчет, а какую – эмоциональная оценка?

4. Чем Вы руководствуетесь при выборе товаров: расчетом или эмоциональной привлекательностью?

5. Принимая решения, Вы их рассчитываете (взвешиваете обстоятельства и свои силы) или поступаете эмоционально? Что чаще, в какой пропорции: ... к ...?

6. Регулярно ли Вы представляете (воображаете) себе эмоциональное завершение планируемых Вами действий с людьми?

Ответ	Да	Нет
Партнер		
При совместной деятельности		
При совместном отдыхе		
При совместном проживании		

7. Как Вы считаете, играет ли особую (привлекающую или отталкивающую) роль для Вас запах, внешний вид, голос, другие качества при общении с людьми?

Ответ	Да	Нет
Партнер		
При совместной деятельности		
При совместном отдыхе		
При совместном проживании		

8. Как часто (несколько раз в день, 1 раз в день, 1-2 раза в неделю) у Вас наступает раздражительное недовольство окружающим или окружающими?

9. Какая у Вас реакция на недовольство? Вы его сдерживаете (подавляете, притормаживаете), выражаете словесно (жалуетесь, действие (например, пинаете что-то)), скрываете в одиночестве, другие варианты (какие)?

10. Любите ли Вы что-нибудь строить, начиная с "карточного домика", создавать что-то новое, и часто ли это делаете?

11. Жалко ли Вам разрушать созданное Вами или другими, разрушаете ли?

12. Есть ли у Вас домашние животные, растения, ухаживаете ли Вы повседневно за ними или членами семьи.

Для компьютерного варианта экспериментально на 100 студентах установили, какое минимальное время предъявления (высвечивания) каждого вопроса, чтобы человек мог дать однозначный ответ.

Обработку провели обычными статистическими методами с помощью лицензионного пакета программы MedStat V3.0, а векторный и тензорный анализы с помощью пакета программ MatLab V 11.0.

Результаты и обсуждения

Из [5] известно, что ГДМ можно представить в системе 3-х главных сферических координат с оппонентными полукоординатами каждая: мотиваций на разрушение – созидание, свободу – подчинение и материальность – духовность. На одном полюсе пересечения координат находится нуль (безразличное отношение к содержанию, вложенному в них), на другом – максимум, в зависимости от применяемого масштаба представленный единицей или 100%, т.е. это наивысшая экстагическая мотивированность по одной или N координат (полукоординат). Полюсные величины присущи, по-видимому, лишь маргинальным личностям, психически акцентуированным. Подавляющее множество людей может быть охарактеризовано промежуточными величинами рассматриваемых свойств между 0...1 (100%). Это относится порознь или одновременно ко всем полукоординатам.

Обследование показало, что у обычных людей и у предпринимателей различаются координатные величины, что представлено на рис. 1.

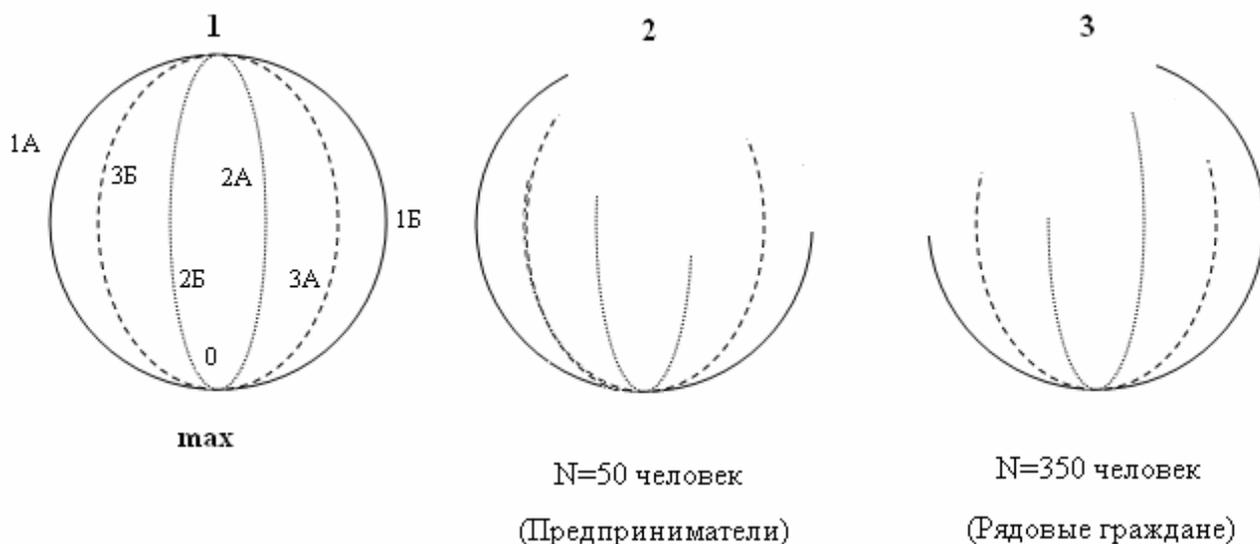


Рис. 1. Основные координаты генеральной доминирующей мотивации личности

Обозначения: 1 – общая схема координат; 2 и 3 – соответственно средние фактические уровни координат; 1а и 1б – соответственно мотивация свободы и подчинения; 2а и 2б – соответственно мотивация материального и духовного; 3а и 3б – соответственно мотивация созидания и разрушения.

Как видно из рисунка, у предпринимателей преобладает волеизлияние, стремление к материальным ценностям и созиданию. Большинство других, рядовых граждан в среднем характеризует предпочтение быть исполнителем, у них одинаковое, если можно так выразиться, сбалансированное отношение к созиданию и разрушению (добру и злу), но очень выражено преклонение перед духовными ценностями, по крайней мере, в отношении будущего своих детей, а материальные потребности остаются, как правило, в рамках простого жизнеобеспечения.

Не менее интересны данные о фактических уровнях ГДМ по координате свобода – подчинение у командиров и рядовых военизированных формирований, например, горноспасателей. Как и следовало ожидать, отбор и соответствующая уставная подготовка

приводят к выраженному преобладанию ветви свободы волеизъявления (властности) у командного состава и, напротив, закреплению устремленности к подчинению у рядовых.

В соответствии с программой исследования влияния на психику вредной экологии [4] было проведено сравнение ГДМ у людей, длительно проживавших (более 10 лет) на территориях с худшей и относительно лучшей экологией (табл. 1).

Таблица 1

Сравнение генеральной и текущей доминирующей мотивации личности в условиях экологической вредности

Показатели	Менее благоприятная экология	Более благоприятная экология	Величина различия	Достоверность различия
ГДМ	31,6±0,82	62,3±1,11	30,7±0,29	p<0,05

Как видно из результатов (см. табл. 1), для выборки объемом N=400 среднее значение ГДМ личности длительно проживающих в более благоприятных экологических условиях (62,3±1,11) оказалось статистически значимо выше среднего значения ГДМ длительно проживающих в относительно более неблагоприятных экологических условиях (31,6±0,82) с уровнем значимости (p<0,05).

В порядке обсуждения обратим внимание, что генеральная доминирующая мотивация отражает одну из основных этических категорий – нравственность, связанная, но не тождественная двум другим категориям – морали и совести.

Мораль – это конвекционно принятые, т.е. по гласному или негласному соглашению, эталоны поступков, поведения, общения внутри отдельной группы и в межгрупповых отношениях. В виде принципов, правил, заветов и тому подобных предписаний они выработаны сообществом для управления социальным взаимодействием с целью максимизации групповой добродетели и минимизации зловредностей. Поскольку общество в определенной мере диктует и навязывает моральные предписания отдельным своим членам, то не все субъекты добровольно и искренне им подчиняются. Отдельные представители считают их ограничением свободы и открыто сопротивляются, у других вырабатывается двойная мораль, скрытая или явная аморальность и иные отступления от проповедуемых обществом идеалов.

Нравственность отдельного субъекта как раз и есть степень принятия – отвержения личностью и исполнения ею моральных идеалов социума или замена их собственными установками. В психологии понятию нравственности соответствует понятие генеральной долговременно господствующей в жизни субъекта мотивационной установки или коротко генеральной доминирующей мотивации (ГДМ). С нею согласуются текущие доминирующие мотивации (ТДМ), чередой сменяющие друга, о чем речь шла ранее. Она (ГДМ) превращает действия в поступки.

Совесть, если она у личности есть, представляет не только принятые субъектом полностью (не степень, как у нравственности) моральные нормы социума, но дополнительно твердые намерения их неукоснительно выполнять, а также самопроверять, самоконтролировать с помощью рефлексивного самосуда (одна из функций рефлексии) соответствие любой своей активности моральным принципам. У совестливого человека осознанно и автоматически, логически и чувственно моральные нормы становятся стандартными для самого себя, с которыми сопоставляются все собственные физические и психические акты, превращающиеся из действия в поступки.

Поскольку совестливые натуры (максималисты) составляют лишь часть генеральной совокупности человечества, то речь может идти не столько о них, а обо всем множестве субъектов, в разной степени и разнокачественно придерживающихся морали. Иными словами, речь идет о разнообразных мотивационно-нравственных установках. Рефлексия

сохраняется, но сравнение при этом производится не с социальным максимумом – моралью, а с собственной генеральной доминирующей мотивацией, представляющей личную нравственную установку.

Научный анализ содержания понятия ГДМ человека, представляющей в психологии то, что в этике именуют нравственностью, показывает, что ГДМ объединяет три главных координаты. Они характеризуют долгосрочные стойкие жизненаправляющие интересы личности, проявляющиеся в поступках и поведении в целом.

Выводы

1. Создана и апробирована технология количественного определения базовых составляющих генеральной доминирующей мотивации и на этой основе ее интегральной характеристики.

2. Определена существенная статистическая разница между ГДМ личности в условиях экологического проживания.

3. Генеральная доминирующая мотивация может рассматриваться как психологический эквивалент одной из главных этических категорий – нравственности личности, долговременно и устойчиво проявляющейся в поступках и поведении в целом.

Список литературы

1. *Александрова Н.В.* Математические термины: Справочник. – М.: Высш. шк., 1978. – 190 с.
2. *Беспалова С.В.* Биотехнология для нормализации экологии (программа создания комплекса) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 10-21.
3. *Вилюнас В.К.* Психологические механизмы биологической мотивации. – М.: Изд-во Моск. ун-та, 1986. – 208 с.
4. *Говта Н.В.* Состояние психофизиологических показателей студентов, проживающих в Донецкой области (оценка и коррекция) // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межвед. сб. науч. работ. – Донецк: ДонНУ, 2004. – Вып. 4. – С. 226-235.
5. *Максимович М.В.* Психофизическое моделирование рекламы. Дипломная работа. – Донецк: ДонНУ, 2004. – 95 с.
6. *Симонов П.В.* Мотивированный мозг. – М.: Наука, 1987. – 237 с.
7. *Хекхаузен Х.* Мотивация и деятельность. – М.: Педагогика, 1986. – Т. 1. – 486 с.; Т. 2. – 392 с.

Максимович М.В., Говта М.В. Технологія визначення генеральної домінуючої мотивації. – Представлена технологія виявлення генеральної домінуючої мотивації особистості та результати її застосування в різних групах населення, а також знайдено зв'язок ГДМ з умовами екологічного проживання.

Ключові слова: мотивація, технологія визначення, моральність.

Maksimovich M.V., Govta N.V. Technology of definition of general dominating motivation. – The technology of detection of general dominating motivation of the person and results of application at different groups of the population is submitted, and also communication GDM with conditions of ecological residing is found.

Key words: motivation, technology of definition, morals.

Г.В. Тарадина, О.И. Доценко

**КИНЕТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ИНАКТИВАЦИИ ФЕРМЕНТА КАТАЛАЗЫ
ПОД ДЕЙСТВИЕМ НИЗКОЧАСТОТНОЙ ВИБРАЦИИ**

*Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46
e-mail: galya@dongu.donetsk.ua*

Тарадина Г.В., Доценко О.И. Кинетическое исследование инактивации фермента каталазы под действием низкочастотной вибрации. – В работе рассмотрено влияние различных факторов (рН, концентрация растворов, частота колебаний) на инактивацию фермента каталазы. Для описания процесса инактивации под действием вибрационного фактора предложена кинетическая схема, которая позволяет учесть все стадии диссоциации, сопровождающиеся потерей функциональных свойств фермента. Рассчитаны константы скорости инактивации ($k_{ин}$, c^{-1}). Установлено, что величины констант инактивации зависят как от частоты вибрации, так и от рН и концентрации исследуемых растворов. Обсуждается возможность стабилизирующего действия на каталазу специфических ловушек радикалов $HO\cdot$, таких как ДМФ и альбумин, снижающих значения констант скорости инактивации фермента.

Ключевые слова: каталаза, инактивация, низкочастотная вибрация, ловушки радикалов.

Введение

Механические колебания, действующие на всё живое и на человеческий организм на протяжении всей биологической эволюции, относятся к постоянно действующим и очень важным факторам. Развитие техники и транспортных средств, совершенствование технологических процессов и оборудования, сопровождающиеся увеличением мощности и габаритов машин, обуславливают тенденцию повышения низкочастотных составляющих в спектрах и появление инфразвука, который является сравнительно новым, не полностью изученным фактором окружающей среды, порой негативно влияющим на организм человека. Типичным проявлением такого влияния является вибрационная болезнь, в последнее время вышедшая на первое место среди всех профзаболеваний. Несмотря на огромное число работ, в которых исследовалось действие вибрации на организм в целом, экспериментально создаваемые модели "вибрационной болезни" не в состоянии вскрыть природу взаимодействий механической энергии и биологической структуры. Для понимания механизма действия вибрации необходимо исследовать объект со сравнительно элементарной структурой; тестом для оценки действия вибрации должна служить наиболее типичная для данного объекта реакция.

В качестве объекта исследования влияния низкочастотной вибрации использовали фермент каталазу, являющийся одним из компонентов защитной системы организма человека и животных от токсичных метаболитов кислорода – супероксидного аниона $O_2^{\cdot-}$ и пероксида водорода H_2O_2 . Широкое распространение каталазы во всех тканях организмов и наличие ее во всех внутриклеточных структурах этих тканей, а также отсутствие литературных данных о чувствительности этого фермента к вибрационному фактору послужило поводом для постановки наших исследований. Цель работы – кинетическое исследование инактивации каталазы под действием низкочастотной вибрации.

Материалы и методы исследований

При проведении эксперимента использовали растворы каталазы печени быка (КФ 1.11.1.6) с оптическим показателем чистоты $RZ = A_{405}/A_{280} = 0,6$ (ООО "Синбиас", Украина), доводимые до нужной концентрации К-Na-фосфатным буфером рН 7,4 (0,1 М). Концентрацию каталазы определяли спектрофотометрически, используя при расчетах коэффициент молярной экстинкции $\epsilon_{405} = 324000 \text{ M}^{-1}\text{cm}^{-1}$.

Растворы каталазы различной концентрации ($1 \cdot 10^{-6}$, $0,5 \cdot 10^{-6}$, $0,2 \cdot 10^{-6}$ моль/л) с рН 6,4 ÷ 8,0 (0,1 М) подвергали действию трехчасовой вибрации с амплитудой 1 V и частотой 8, 16, 24 и 32 Гц с помощью электромеханического преобразователя, подключенного к генератору сигналов. Каждые 15 мин из растворов отбирали аликвоты для определения активности фермента. В качестве контроля использовали каталазную активность этих же растворов,

определенную до начала вибрации.

Для определения активности каталазы, а также констант скоростей расщепления H_2O_2 первого порядка, являющихся количественной характеристикой активности фермента, использовали метод, основанный на способности бихромата калия при нагревании в присутствии перекиси водорода превращаться в уксусной кислоте в ацетат хрома, с образованием перхромовой кислоты как неустойчивого промежуточного продукта. Образовавшийся ацетат хрома определяли колориметрически при длине волны 590 нм.

Активность каталазы определяли в терминах константы скорости разложения перекиси водорода первого порядка k , c^{-1} : $k = \frac{1}{t} \lg \frac{S_0}{S}$, где S_0 – начальная концентрация перекиси, S – концентрация перекиси в момент времени t , сек ($t=120$ с).

Результаты и обсуждение

Снижение активности фермента каталазы наблюдали в процессе всего времени воздействия механических колебаний с амплитудой 1 В в диапазоне частот $8 \div 32$ Гц. Выявлено, что инактивация фермента зависит как от частоты вибрации, так и от рН исследуемых растворов.

При вибрации растворов с рН 6,4 наблюдали незначительное снижение (от 5 до 14%) каталазной активности во всем исследуемом диапазоне частот, что, по всей видимости, обусловлено изначально низкой активностью фермента при данном рН.

При вибрации растворов с рН $7,0 \div 8,0$ инактивация была более выраженной в граничных областях рН (до 87%) и достигала 50% при вибрации растворов с рН 7,4 (рис. 1).

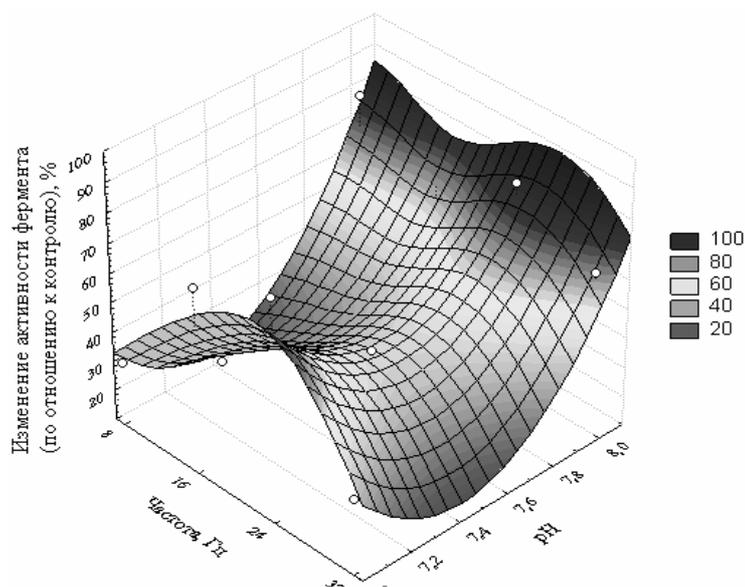


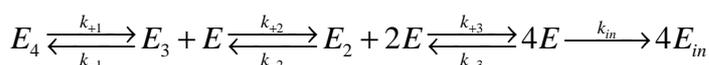
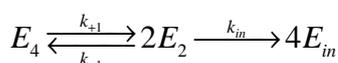
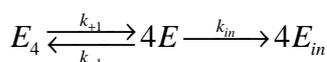
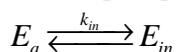
Рис. 1. Зависимость активности каталазы от рН исследуемых растворов и частоты вибрации

Максимальное снижение активности фермента по отношению к контролю регистрировали при вибрации растворов с частотой 16 и 24 Гц. При воздействии фактора в указанном диапазоне частот наблюдали образование осадка уже через 60 минут от начала эксперимента, что свидетельствует о денатурации фермента. Для растворов с рН 7,4 при вибрации на этих частотах снижение каталазной активности было менее выражено. Очевидно, при данной рН фермент наиболее стабилен.

Анализ полученных экспериментальных данных показал зависимость каталазной активности от концентрации фермента, образующего в растворе не только молекулярный комплекс, но и комплекс с растворителем. Создается единая система дисперсионной среды и

дисперсной фазы. При высоких концентрациях эффект вибрации минимален, что наблюдалось при исследовании растворов с концентрацией $1 \cdot 10^{-6}$ моль/л – плотно "упакованные" молекулы менее подвержены действию механических колебаний. Для данной концентрации снижение активности каталазы от исходного значения составил 31÷58% для растворов в граничных областях рН и до 28% для растворов с рН 7,4 при воздействии на них механических колебаний с частотой 8 и 32 Гц; при вибрации в диапазоне частот 16-24 Гц снижение активности достигало 78%. Для разбавленных растворов ($C_{\text{кат}} = 0,5 \cdot 10^{-6}, 0,2 \cdot 10^{-6}$ моль/л) с различным значением рН активность каталазы падала на 56÷74% от исходного значения при вибрации растворов с частотами 8 и 32 Гц и до 86% – на частотах 16 и 24 Гц.

При достаточно большой амплитуде колебаний графики зависимости изменения активности каталазы от времени вибрации (в терминах констант скорости разложения перекиси водорода первого порядка) в полулогарифмических координатах имеют ступенчатый характер (рис. 2). Наличие точек перегиба позволяет предположить диссоциативный характер инактивации, протекающей по одному из предложенных механизмов [1, 2]:



где E_4, E_3, E_2, E – активные тетра-, три- и ди- и мономерная формы каталазы, E_{in} – неактивный мономер.

Для детального выяснения механизма инактивации каталазы необходимо дополнительное привлечение математического аппарата.

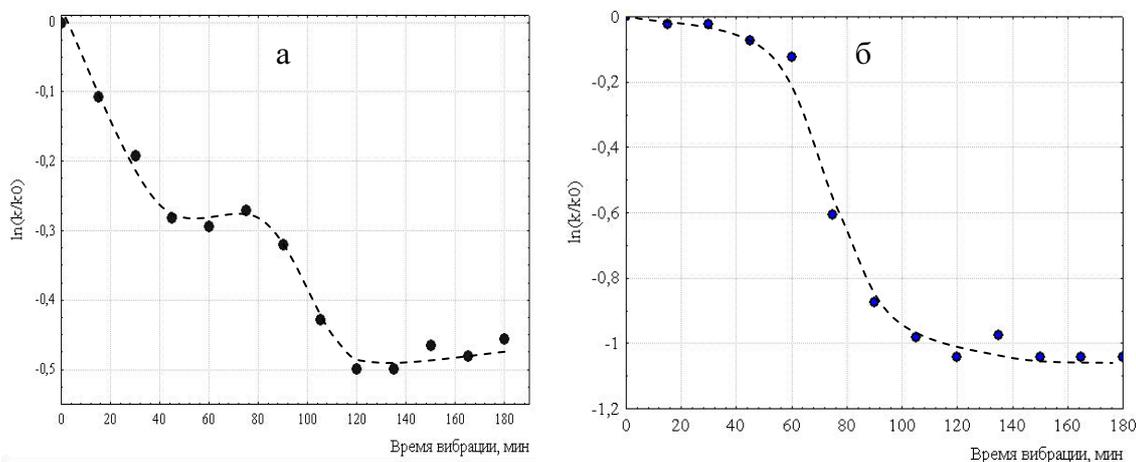


Рис. 2. Зависимость активности каталазы от времени вибрации

а – частота 16 Гц, рН 7,0, $C_{\text{кат}}=0,5 \cdot 10^{-6}$;

б – частота 32 Гц, рН 8,0, $C_{\text{кат}}=0,2 \cdot 10^{-6}$

Для различных условий эксперимента рассчитаны константы инактивации каталазы. Величина констант инактивации зависит от частоты вибрации и рН исследуемых растворов. Значение k_{in} в граничных областях (рН – 7,0 и 8,0) выше таковых в "зоне стабильности" – при рН 7,4. При вибрации растворов с частотой 16 и 24 Гц константы инактивации имеют свое наибольшее значение (рис. 3). Надо заметить, что значения констант инактивации возрастают с понижением концентрации раствора каталазы. При высоких концентрациях фермента k_{in} минимальны, что вызвано способностью фермента к самоассоциации, агрегаты которого менее подвержены воздействию механических колебаний.

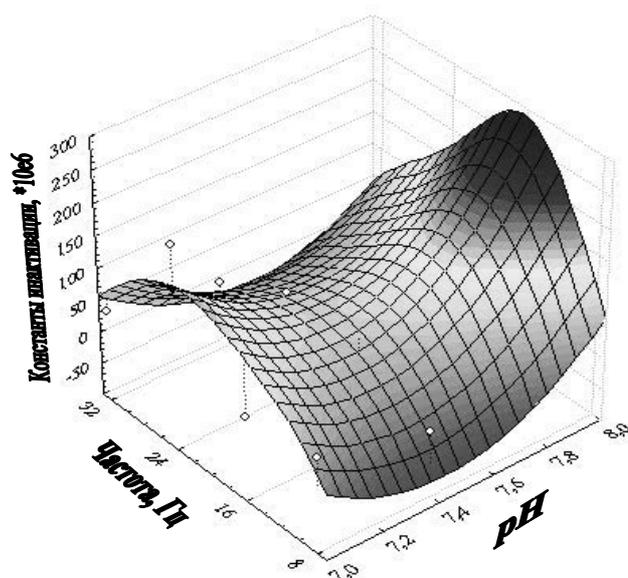
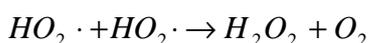
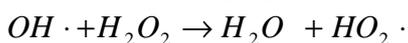
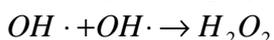
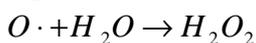
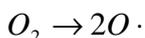
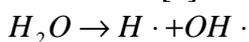


Рис. 3. Зависимость констант инактивации каталазы от рН растворов и частоты вибрации

Экспериментальные данные, представленные в работе, а также кинетические закономерности инактивации каталазы под действием вибрации позволяют предположить, что преобладающую роль в инактивации каталазы играют радикалы $\text{OH}\cdot$ и $\text{OH}_2\cdot$, образующиеся в поле звуковой кавитации.

Буферный раствор насыщен воздухом, что обеспечивает концентрацию O_2 в нём $\sim 10^{-4}$ М. Прямое образование перекиси водорода при сонолизе кислородсодержащих растворов невозможно и происходит в результате постакустических реакций с участием радикалов по известной схеме [3]:



Чтобы показать преобладающую роль $\text{OH}\cdot$ радикалов в процессе инактивации каталазы, в исследуемые растворы добавляли альбумин и диметилформамид (ДМФ), являющиеся специфическими ловушками радикалов $\text{HO}\cdot$.

Добавление ДМФ с концентрацией его в растворе 1% снижал скорость инактивации каталазы на 62%, с концентрацией 3 и 5% – на 82 и 85% соответственно (рис. 4).

Альбумин с концентрацией в растворе 0,5% снижал скорость инактивации каталазы на 50%, выпадение осадка наблюдали через 2 часа от начала вибрации. Добавление 1 и 3% альбумина прекращало выпадение осадка и снижало скорость инактивации на 52 и 73% соответственно (рис. 5).

Для описанных выше условий (без и в присутствии ловушек радикалов) построены кривые распределения всех форм каталазы (рис. б). Как видно, прослеживалась следующая закономерность: в отсутствие ловушек радикалов доля нативной каталазы резко снижалась в течение первого часа эксперимента и появлялись три- и димерные формы фермента. По мере продолжения воздействия вибрационного фактора наблюдали увеличение доли мономерной и инактивированной форм, что соответствует механизму последовательной диссоциации инактивации каталазы.

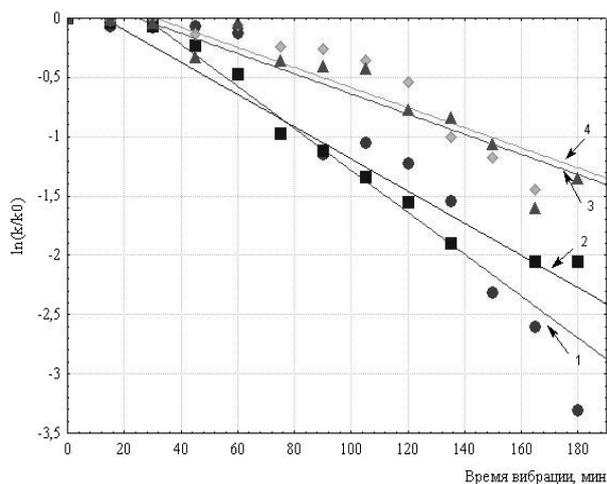


Рис. 4. Изменение активности каталазы в присутствии ДМФ
1 – без ДМФ; 2 – 1%-й; 3 – 3%-й; 4 – 5%-й раствор диметилформаида

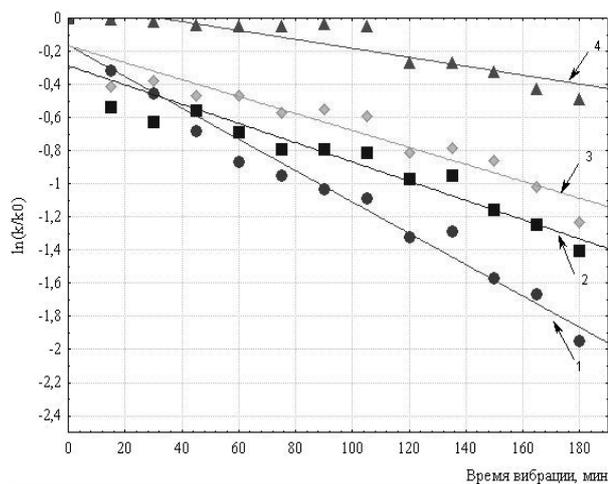


Рис. 5. Изменение активности каталазы в присутствии альбумина
1 – без альбумина; 2 – 0,5%-й; 3 – 1%-й; 4 – 3%-й раствор альбумина

Добавление альбумина и ДМФ закономерно снижало долю денатурированных форм. Содержание тетрамерных форм возрастало с увеличением концентрации ловушек радикалов. Таким образом, альбумин и ДМФ, реагируя с радикалами $\text{HO}\cdot$, образующимися в процессе вибрации, оказывают стабилизирующее действие на фермент каталазу, снижая значения констант инактивации.

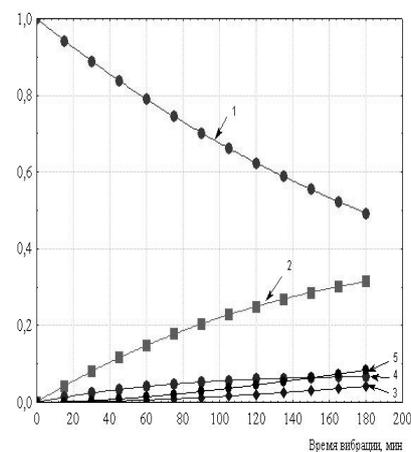
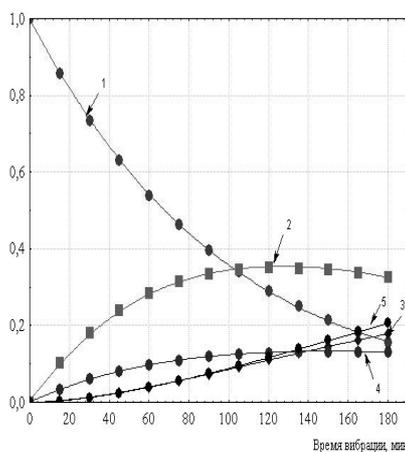
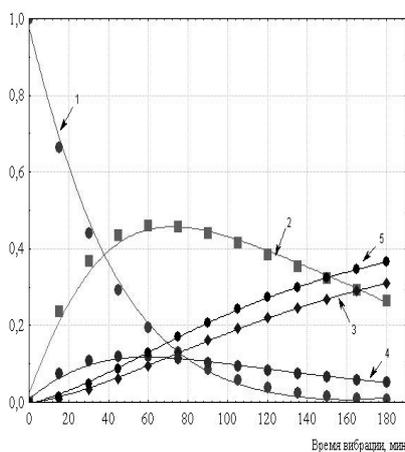


Рис. 6. Зависимость от времени вибрации концентрации форм каталазы:
1 – E_4 ; 2 – E_3 ; 3 – E_2 ; 4 – E ; 5 – E_{in} ;
а – без альбумина; б – 1 %-й; в – 3 %-й раствор альбумина

Выводы

1. Проведено изучение процесса инактивации каталазы при комбинированном воздействии механических колебаний с частотами 8, 16, 24 и 32 Гц в и рН среды. Выявлена зависимость активности каталазы от концентрации исследуемых растворов. При высоких концентрациях инактивация менее выражена, что объясняется способностью фермента к агрегации. Образовавшиеся ассоциаты обладают большей устойчивостью в воздействию вибрации.

2. Показано стабилизирующее действие на процесс инактивации специфических ловушек радикалов $\text{HO}\cdot$, такие как альбумин и диметилформамид.

Список литературы

1. Атьякшева Л.Ф., Пилипенко О.С., Полторак О.М. Механизм термоинактивации β -галактозидазы *Escherichia coli* // Вестник МГУ. Химия. – 2000. – Т. 41, № 1. – С. 95-97.
2. Полторак О.М., Пряхин А.Н., Аренс Э.А., Гольдштейнс Г.Х. Математическое моделирование процесса диссоциативной инактивации ферментов // Вестник МГУ. Химия. – 1982. – Т. 23, № 4. – С. 349-354.
3. Маргулис М.А. Основы звукохимии. – М., 1984. – 184 с.

Тарадіна Г.В., Доценко О.І. Кінетичне дослідження інактивації ферменту каталази під впливом низькочастотної вібрації. – У праці розглянуто вплив різних факторів (рН, концентрація розчинів, частота коливань) на інактивацію ферменту каталази. Для опису процесу інактивації під дією вібраційного фактору запропонована кінетична схема, що дозволяє врахувати всі стадії дисоціації, які супроводжуються втратою функціональних властивостей ферменту. Розраховані константи швидкості інактивації (k_{in} , s^{-1}). Встановлено, що значення констант інактивації залежать як від частоти вібрації, так і від рН і концентрації досліджуваних розчинів. Обговорюється можливість стабілізуючої дії на каталазу специфічних уловлювачів радикалів НО, як то ДМФ та альбумін, які знижують значення констант швидкості інактивації ферменту.

Ключові слова: каталаза, інактивація, низькочастотна вібрація, уловлювачі радикалів.

Taradina G.V., Dotsenko O.I. The cinetic investigation of the inactivation under the action of the low-frequency vibration. – The influence of various factors (pH, concentration of solutions, frequency of fluctuations) on the inactivation of the enzyme catalase is considered in the work. The kinetic scheme, which allows to consider all stages of dissociation, accompanied by loss of functional properties of the enzyme is offered for the description of the process. The constants of the speed of inactivation are calculated. It is established, that the sizes of constants of the inactivation depend as of frequency of vibration, as of pH and concentration of investigated solutions. It is discussed the opportunity of the stabilizing action on catalase of specific traps of radicals, such as DMF and albumin, reducing the value of the speed's constants of the inactivation enzyme.

Key words: catalase, inactivation, low-frequency vibration, traps of radicals.

**Е.В. Хомутова², Н.М. Богдан², А.О. Елизаров², Н.В. Линник², М.С. Малыгин²,
А.А. Христуленко³, А.А. Коптильный¹, В.М. Билобров¹**
БУФЕРНЫЕ СВОЙСТВА СЛОЖНЫХ МНОГОКОМПОНЕНТНЫХ РАСТВОРОВ

¹ *Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46;*

² *Институт физико-органической химии и углехимии им. Л.М. Литвиненко НАН Украины; 83114, г. Донецк, ул. Р. Люксембург, 70; e-mail: postmast@infou.donetsk.ua;*

³ *Донецкий государственный медицинский университет им. М. Горького; 83003, г. Донецк, ул. Ильича, 16*

Хомутова Е.В., Богдан Н.М., Елизаров А.О., Линник Н.В., Малыгин М.С., Христуленко А.А., Коптильный А.А., Билобров В.М. Буферные свойства сложных многокомпонентных растворов. – Дан подробный анализ особенностей определения буферной емкости (β) модельных растворов разной степени сложности. Показано, что в ряде случаев простые теоретические расчеты позволяют с хорошей достоверностью определить буферные свойства сложных многокомпонентных систем моделирующих основные жидкости организма. Сделан вывод, что такой подход может быть использован для изучения физико-химического механизма гомеостатических функций организма человека.

Ключевые слова: гомеостаз, рН, буферность растворов, моделирование жидкостей организма.

Введение

Клод Бернар (Claude Bernard) во второй половине XIX века обосновал понятие о принципах поддержания постоянства "внутренней среды" организма прибывающего в среде внешней, – гомеостазе. По Бернару, человек и высокоорганизованные животные находятся в среде внешней, но имеют и собственную внутреннюю среду, которая омывает все клетки организма. Специальные сложноорганизованные и закомутированные физиологические системы обеспечивают постоянство объема и состава жидкостей внутренней среды адекватно изменениям среды внешней. Ему принадлежит и утверждение, ставшее одним из постулатов современной физиологии – "постоянство внутренней среды – есть основа свободной жизни".

Постоянство физико-химических условий жидкостей внутренней среды организма является, безусловно, определяющим фактором эффективной деятельности всех органов и систем организма человека. В тех клинических ситуациях, с которыми постоянно сталкиваются врачи (реаниматологи, в частности), повсеместно возникает необходимость поддержания на постоянном, "нормальном" уровне базовых физиологических и биохимических (физико-химических по сути) параметров основных жидкостей организма. К ним относятся, прежде всего, плазма крови, лимфа, спинномозговая жидкость, моча, а также комплекс внеклеточных жидкостей – среды, с которой соприкасается каждая из клеток целостного организма.

Многолетними интенсивными исследованиями лаборатории установлено, что для поддержания постоянства внутренней среды организм использует два диаметрально противоположных механизма, которые вместе с тем, дополняют друг друга. Так, в основных жидкостях внутренней среды (спинномозговой, интерстициальной жидкостях, плазме крови и др.) для этого преимущественно используются цепи сопряженных буферных систем, которые в норме обеспечивают этим жидкостям удивительную стабильность таких физико-химических характеристик, как рН, буферная емкость, ионная сила, полярность, а также исключают всякую возможность нарушения гомеостаза.

В жидкостях выделительной системы (слюна, моча, желчь и др.) это обеспечивается преимущественно сложными процессами формирования колебательных изменений основных физико-химических параметров этих сред. В этом, последнем случае, сформированные в процессе эволюции, частотно-амплитудной характеристики этих колебаний, также исключают возможность нарушения гомеостаза "в норме".

Ясно, что указанные выше системы являются открытыми и функционально связанными между собою. Понятно и то, что сколько-нибудь значительные и устойчивые смещения

физико-химических параметров в первом случае (например, существенное снижение рН в результате воспаления) приводят к развитию патологий различных органов и тканей. Отклонение же от нормы частотно-амплитудных характеристик периодического изменения физико-химических параметров выделительной системы, также приводят к аналогичным драматическим последствиям.

Для определения сказанного выше обычно используется термин "гомеостаз". Под гомеостазом следует понимать относительное динамическое (колеблющееся в строго очерченных границах) постоянство внутренней среды (крови, лимфы, внеклеточной жидкости) и устойчивость (стабильность) основных физиологических функций организма (кровообращения, дыхания, пищеварения, терморегуляции, обмена веществ и т.д.) [5].

Гомеостаз – совокупность процессов, обеспечивающих постоянство внутренней среды. Сам по себе термин "гомеостаз" не вскрывает сущности тонких и многообразных механизмов, осуществляющих регуляцию физиологических и биохимических функций, он отражает лишь конечное стационарно-равновесное состояние системы и является результирующей, алгебраической суммой бесконечного числа необычайно сложных взаимодействующих и взаимозависимых (цепных) процессов, протекающих как в целостном организме, так и на органном, клеточном и молекулярном уровнях.

Мы считаем, что центральным местом в формировании постоянства внутренней среды организма является постоянство (или закономерные изменения по определенным правилам) полярных свойств среды, буферной емкости, рН, ионной силы и осмолярности основных жидкостей организма.

В настоящем сообщении последовательно рассмотрим основные физико-химические положения, которые лежат в основе формирования буферных свойств и рН жидких систем, правила их изменения и закономерности их влияния на термодинамику и кинетику физико-химических процессов, протекающих в них.

Естественной мерой стабильности отдельных параметров различных систем к внешнему влиянию является коэффициент чувствительности, который определяется как отношение приращения параметров системы к изменению параметров влияния. Традиционно формой описания чувствительности равновесного состава химических систем к изменению начальных концентраций реагентов и констант равновесия есть разновидности буферной емкости. Они характеризуют зависимости между начальной и конечной концентрациями веществ при постоянных начальных концентрациях всех других веществ в системе.

При определении "классической" буферности параметром является рН, влиянием – добавки сильного основания или кислоты. Коэффициентом чувствительности в этом случае будет $\Delta \text{pH} / \Delta C_{(a/b)}$, где $C_{(a/b)}$, – общая концентрация кислоты или основания, которая добавляется. В качестве меры инертности обычно используют величину обратную коэффициенту чувствительности $\beta = dC_{(a/b)} / d\text{pH}$ – буферную емкость, введенную Ван-Слайком.

Кислотно-основные свойства сложных многокомпонентных систем. Буферная емкость. Ниже кислотные свойства соединений будут рассмотрены с точки зрения протонной теории кислот и оснований, развитой Бренстедом и Лоури. Согласно этой теории, кислота (АН) – это вещество, способное выделять H^+ , основание (В) – вещество, способное протон присоединять. Сила кислот и оснований количественно выражается через их константы ионизации.

Кислотно-основное взаимодействие происходит через образование промежуточного неионизированного продукта за счет водородной связи:



Водородная связь между молекулами кислот и оснований, с одной стороны, поляризуя молекулу кислоты, может способствовать ее последующей диссоциации. С другой, – образование Н-комплексов может уменьшить ее способность к диссоциации.

Следовательно, водородная связь, являясь одним из этапов кислотно-основного взаимодействия, определяет механизм последующих химических превращений. В том случае, когда вслед за образованием водородосвязанного комплекса свободные ионы не образуются, то это является признаком того, что процесс остановился на стадии так называемого незавершенного кислотно-основного взаимодействия [2]. Кратко рассмотрим, как в этих условиях ведут себя полиэлектролиты.

Полиэлектролиты обычно делятся на поликислоты, полиоснования и полиамфолиты. Очевидно, что сильные поликислоты и полиоснования практически полностью ионизированы при любых рН, а заряд слабых полиэлектролитов определяется константами диссоциации их ионогенных групп и рН раствора [5].

Суммарный заряд полиамфолитных макроионов, которые образуют, например, белки, также зависит от рН и меняет знак в изоэлектрической точке [12].

Степень ионизации слабого полиэлектролита (α_i) с n различными ионогенными группами зависит от n констант ионизации, которые при большом числе ионогенных групп (n) представляется затруднительным учитывать. Обычно кажущуюся константу ионизации усредненной ионогенной группы полииона определяют по уравнению:

$$K_a = [H^+] \frac{\alpha_i}{(1 - \alpha_i)} \quad (2)$$

При этом заряд макроиона по мере увеличения степени его ионизации растет, и, соответственно, увеличивается работа отрыва протона от последующей ионогенной группы. С учетом этого для раствора полиэлектролита справедливо уравнение:

$$pH = pK^0 + \lg \left[\frac{\alpha_0}{(1 - \alpha_i)} \right] + 0.43 \frac{\Delta G_\alpha^0}{RT}, \quad (3)$$

где K^0 – константа диссоциации удаления первого протона от молекулы поликислоты, не искаженная электростатическим влиянием других молекулярных групп, а ΔG_α^0 – электростатическая свободная энергия, необходимая для удаления протонов при заданной степени ионизации.

Основной вклад в электростатическую свободную энергию процесса, в таких случаях, обычно вносят взаимодействия близлежащих групп макроцепи. Поэтому вид кривых титрования полиэлектролитов с большим числом звеньев, как правило, от длины цепи не зависит.

Согласно Тенфорду и Хауенпггейну [13] при потенциометрическом титровании глобулярных белков для концевых групп -СООН полипептидной цепи следует ожидать $pK^0 = 3,75$, для групп -СООН боковых цепей – $pK^0 = 4,6$, для имидазольных групп $pK^0 = 7,0$, аминокрупп – $pK^0 = 7,8$, фенольных групп и тиозина – $pK^0 = 9,6$, а аминокрупп боковой цепи $pK^0 = 10,2$. Однако экспериментальные pK^0 титрования этих групп могут существенно отличаться от указанных выше. Это различие обусловлено, прежде всего, значительным отличием эффективной локальной диэлектрической проницаемости вблизи ионогенных групп от воды, а также в результате влияния на ионизационные равновесия конформационных переходов молекул белка [9].

Исследования растворов поликислот методом потенциометрического титрования в [3] показали, что конформационные переходы белка обычно совершаются при постоянных значениях pK_a . При этом в присутствии низкомолекулярных электролитов такие переходы осуществляются обычно при более высоких плотностях заряда.

Результаты потенциометрического титрования показывают также, что поликислоты при титровании ведут себя как слабые кислоты, по сравнению с их низкомолекулярными аналогами [10], что обусловлено ростом зарядов на макроионах в процессе их титрования. При добавлении в растворы полиэлектролита обычного электролита, ионы последнего экранируют заряд полииона и ход кривой титрования поликислоты приближается к таковому, характерному для аналогичной зависимости, полученной для низкомолекулярного аналога. Однако полностью устранить электростатический эффект, создаваемый ближайшими заряженными группами полииона, образующимися в процессе его титрования невозможно даже при очень высоких концентрациях титранта – простого электролита.

Маркусом [7] была разработана теория титрования полиэлектролитов, учитывающая лишь электростатическое взаимодействие между соседними заряженными группами макроцепи, согласно которой

$$K_a = \frac{K^0 \alpha_i (\sqrt{x+1} - 2\alpha_i + 1)}{(1 - \alpha_i)(\sqrt{x+1} - 2\alpha_i - 1)}, \quad (4)$$

где $x = 4\alpha_i(1 - \alpha_i)e^{(\Delta G_n/RT)} - u$, а G_n – свободная энергия, необходимая для перемещения двух эквивалентов изолированных ионогенных групп в участки цепи, в которых они образуют пары с ближайшими соседями.

В целом же в литературе [8], отмечается, что метод титриметрии (в частности, метод потенциометрического титрования) является наиболее разработанным, простым, прямым и эффективным методом исследования растворов полиэлектролитов. Поэтому рассмотрим этот метод исследования сложных многокомпонентных систем более подробно.

В общем случае методы титриметрии позволяют непрерывно контролировать изменение концентрации определяемого вещества по изменению какой-либо физической характеристики системы (электропроводности, плотности, рН, диффузионного тока и др.). Так, в частности, широко используемый метод потенциометрического кислотно-основного титрования, основанный на изменении величины электродного потенциала в зависимости от соотношений концентраций реагирующих веществ, позволяет непрерывно контролировать изменение рН системы.

Как правило, результаты кислотно-основного титрования представляются в виде кривой титрования, т.е. зависимости рН раствора от количества добавляемого титранта (рис. 1). Особенно резкий скачок рН на таких зависимостях наблюдается вблизи точки эквивалентности, т.е. точки соответствующей моменту титрования, когда концентрации H^+ и OH^- уравниваются.

Форма кривой титрования зависит от величины константы ионизации титруемой кислоты (основания) и концентрации титрующих растворов. Так, силой кислоты определяется угол наклона первого участка кривой титрования и положение точки эквивалентности на ней (рис. 1 б). Наличие первого, почти горизонтального, участка обусловлено буферным действием сопряженной кислотно-основной пары, образующейся в процессе титрования. Разбавление титруемой кислоты приводит к уменьшению скачка рН вблизи точки эквивалентности (рис. 1 а).

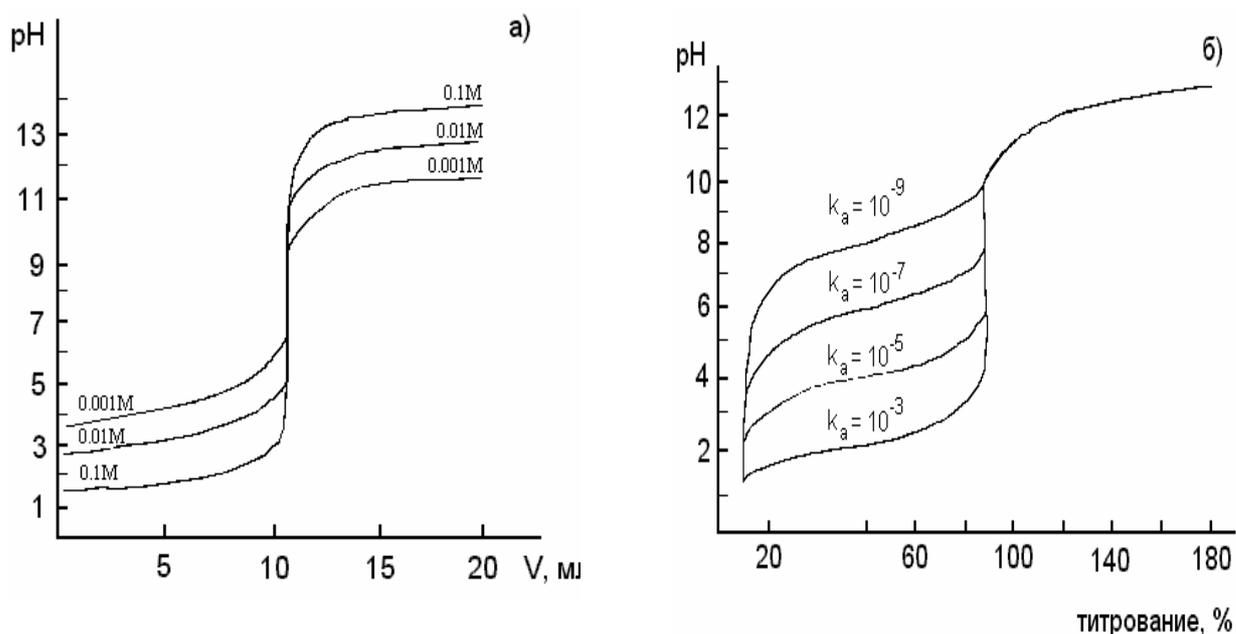


Рис. 1. Влияние концентрации титруемой кислоты (а) и силы кислот (б) на форму кривой титрования

По величине скачка рН можно определить целесообразность использования метода титрования для количественных определений. Однако более показательным является так называемый индекс крутизны, который характеризует величину наклона кривой титрования:

$$\eta = 0.434 \left(\frac{C_0 + C}{C_0 \cdot C} \cdot \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} + [H^+] + \frac{[H^+]}{K_a} \right), \quad (5)$$

где C_0 и C – концентрация кислоты и основания.

Общее уравнение кривой титрования сильных кислот и оснований имеет вид [11]:

$$\frac{CV - C_0V_0}{V + V_0} = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} + [H^+], \quad (6)$$

где C_0 и V_0 – концентрация и объем сильной кислоты, C и V – концентрация и объем сильного основания.

Выражая уравнение (6) через титровальную долю, $\phi = \frac{CV}{C_0V_0}$ получим:

$$\frac{C_0V_0}{V + V_0} (\phi - 1) = \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} - [H^+] \quad (7)$$

Как видно из рис. 1 а, вблизи точки эквивалентности (рН=7) наблюдается резкий скачок рН.

Ряд характерных особенностей кривой титрования можно видеть и в случае титрования слабых кислот сильными основаниями. В этом случае, прежде всего, следует отметить, что точка эквивалентности для таких систем лежит в щелочной области рН, что вызвано образованием в растворе в процессе титрования слабого основания. Кроме того, угол наклона первого участка кривой титрования слабых кислот сильными основаниями больше, чем это характерно при титровании сильных электролитов. Это обусловлено тем, что в процессе титрования слабых кислот образуются слабые основания, не компенсирующие в полном объеме сильные, как это было в случае сильных электролитов. Положение точки

эквивалентности в шкале рН, ее выраженность в этом случае находятся в полной зависимости от относительной кислотно-основной силы взаимодействующих соединений.

Уравнение кривой титрования слабых кислот сильными основаниями имеет следующий вид [11]:

$$\phi = \alpha_A + \frac{V + V_0}{C_0 V_0} \left([OH^-] - [H^+] \right), \quad (8)$$

где α_A – степень диссоциации слабых кислот; C_0 , V_0 – концентрация и объем слабых кислот; C , V – концентрация и объем сильных оснований.

Аналогично можно описать и кривую титрования слабых оснований сильными кислотами. *A priori* можно сказать, что кривая титрования в этом случае будет иметь форму перевернутой рассмотренной выше кривой титрования слабых кислот сильными основаниями. Для этого следует осуществить поворот относительно оси, проходящей через точку эквивалентности и перпендикулярной шкале рН. Сама точка эквивалентности в этом случае будет, естественно, находиться в области кислых значений рН.

Индекс крутизны для двух последних систем будет описываться следующим уравнением:

$$\eta = 0,217 \left(\frac{C_0 C}{C_0 + C} - \frac{[H^+]}{K_{H_2O}} \right) \quad (9)$$

Уравнение кривой титрования слабых кислот (концентрации C_0) слабыми основаниями (концентрации C) имеет вид:

$$\phi - 1 = \left(\frac{V + V_0}{C_0 V_0} \right) \left(\frac{K_{H_2O}}{[H^+]} - [H^+] \right) \left(\frac{K_{H_2O}}{K_b [H^+]} + 1 \right) + \left(\frac{K_{H_2O}}{K_b [H^+]} \right) \left(\frac{K_a}{K_a [H^+]} - \frac{[H^+]}{K_a + [H^+]} \right) \quad (10)$$

Выражение для индекса крутизны в точке эквивалентности для таких систем имеет вид:

$$\eta = 0,217 \left(1 + \frac{K_a K_b}{K_{H_2O}} \right)^{1/2} \quad (11)$$

и выполняется в том случае, когда значения K_a и K_b достаточно велики, а раствор – разбавлен.

Титрование слабых кислот слабыми основаниями применяется редко и лишь в некоторых весьма специфических случаях. При этом естественно, что достаточно резкого скачка рН в точке эквивалентности не наблюдается, а сама точка эквивалентности может находиться как в щелочной, так и в кислотной области, в зависимости от соотношения силы кислот и оснований, использующихся при титровании.

При титровании смеси кислот, значительно отличающихся по силе, сначала титруется более сильная кислота, а затем более слабая, наличие которой на кривой титрования смеси отражает второй скачок рН (рис. 2 г).

Дифференцированное титрование двух кислот возможно только в том случае, когда их pK_a различаются на 4 и более единицы. Если отношение K_a меньше (например, для смеси молочной и уксусной кислот отношение $K_a = 10$, рис. 2 д), на кривой титрования смеси наблюдается лишь один скачок рН, отвечающий моменту конца титрования суммарного количества двух кислот. Таким образом, из сказанного следует, что в том случае, когда pK_a кислот отличаются меньше, чем указано выше, экстремумы функций сглаживаются, и кривые титрования слабо отражают состояние системы.

Наш объект исследования – моча, является многокомпонентной системой и pK некоторых ее составляющих лежат в весьма узком интервале. Очевидно, что экспериментальные данные, полученные в результате потенциометрического титрования мочи и представленные в виде интегральных кривых, по-видимому, будут содержать мало информации о составе титруемых веществ.

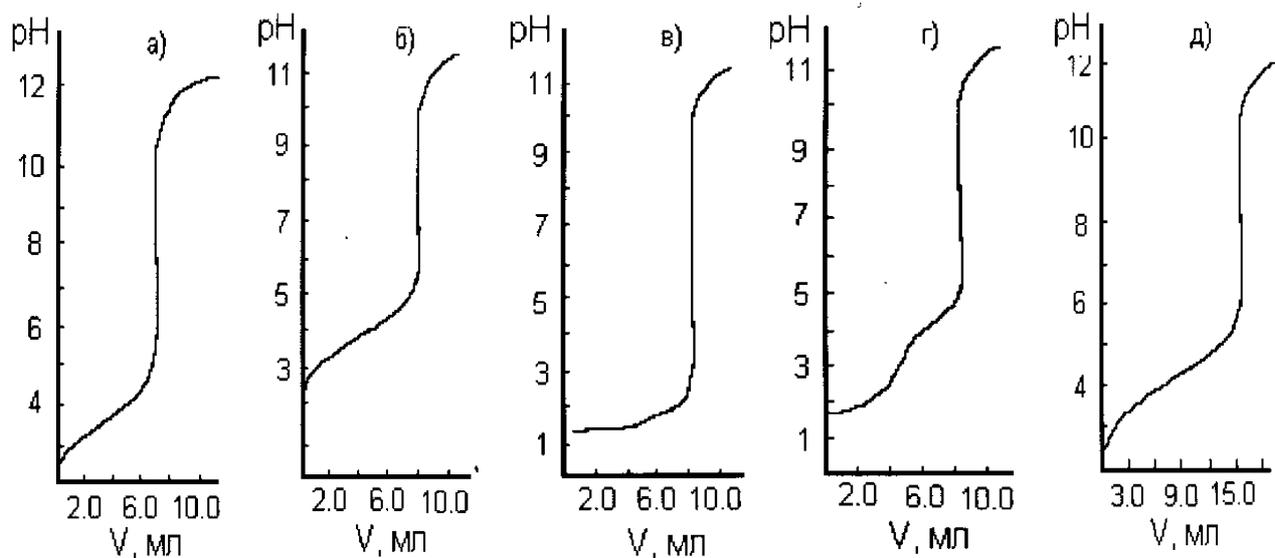


Рис. 2. Кривые титрования 0.1 н гидроокисью натрия молочной (а), уксусной (б), соляной (в), а также смесей соляной и уксусной (г), молочной и уксусной (д) кислот

Однако оказалось, что после определенной математической обработки экспериментальных данных и нетрадиционных способов их представления в различных системах координат, можно существенно расширить информативность метода. Оказалось, что такой высокоинформативной и, вместе с тем, удобной формой представления экспериментальных данных потенциометрического титрования сложных многокомпонентных кислотно-основных систем является их буферная емкость. Поэтому мы кратко рассмотрим некоторые особенности буферной емкости кислотно-основных систем.

Понятие "буферная емкость" впервые было введено Ван-Слайком применительно к кислотно-основным системам и определялось как:

$$\beta \equiv \frac{dC_{a(b)}}{dpH}, \quad (12)$$

где $C_{a(b)}$ – концентрация сильной кислоты или щелочи.

Однако в дальнейшем было показано, что само понятие буферности, а также ее количественное выражение носит более широкий смысл. Так, буферность уже определялась как "свойство инертности равновесных характеристик к химическим воздействиям". Тогда для случая классической, кислотно-основной, емкости "воздействием" следует считать изменение концентрации сильной кислоты или основания ($C_{a(b)}$), а величиной, связанной с равновесным составом - $pH = -a$. Аналогично можно представить буферную емкость практически для любых "воздействий" (добавок) и любых изменений равновесного состава. При этом "воздействиями"- C (см. уравнение 8) логично считать независимые переменные, а функциями – изменяющиеся в результате этих "воздействий" величины $\lg(a_k)$:

$$b_{kl} = \frac{\partial \lg(a_k)}{\partial C_i} = 2,3 \frac{\partial a_k}{\partial C_i} \quad (13)$$

Аналогично, для обобщенной буферной емкости выражение (14) преобразуется в:

$$\beta_{kl} = -(b_{kl})^{-1} \quad (15)$$

Отметим, что использование в уравнениях (12-15) в качестве функций логарифмов активностей оправдан, во-первых, тем, что производные по логарифмам характеризуют более информативные относительные приращения активностей, а не их абсолютные величины, во-вторых, этим величинам пропорциональны химические потенциалы. Напомним, что в данной работе будут весьма обстоятельно рассмотрены кислотно-основные свойства растворов, поэтому оперировать в дальнейшем будем классической β .

Обычно буферные кислотнo-основнoе системы представляют собой сопряженную пару "кислота – основание". Способность буфера противодействовать изменению рН основана на способности отдельных его компонентов связывать ионы H^+ либо OH^- кислот и оснований, вводимых в раствор. Она зависит от двух факторов: общей концентрации буферного раствора, т.е. суммы концентраций слабой кислоты и сопряженного с ней основания и отношения этих концентраций. При этом, чем ближе это отношение к единице, тем более эффективен буфер. Количественной мерой эффективности буферного раствора служит буферная емкость.

Буферная емкость – это величина, которая характеризует изменение рН при добавлении к 1 дм³ раствора сильной кислоты или сильного основания без изменения первоначального объема раствора.

По мере увеличения буферной емкости, изменение рН уменьшается и буферное действие становится более эффективным.

Величину β_{H_2O} можно рассчитать по формуле

$$\beta_{H_2O} = \frac{2,303([H_3O^+]^2 + K_{H_2O})}{[H_3O^+]}, \quad (16)$$

которая получается из (13) после некоторых преобразований. Рассчитанная по этому уравнению для чистой воды равна – 4,640 моль/л.

Если в растворе присутствует сильная кислота или сильное основание в достаточно больших концентрациях, то одно из слагаемых в числителе (уравнение 16) мало по сравнению с другими [6] и тогда выражение примет вид

$$\begin{aligned} \beta &\approx 2,303[H_3O^+], \text{ рН} < 7 \\ \beta &\approx 2,303[OH^-], \text{ рН} > 7 \end{aligned} \quad (17)$$

Для систем, образованных слабыми кислотами и слабыми основаниями, может быть рассчитана из уравнений равновесия, материального баланса и электронейтральности путем их подстановки в соответствующие формулы и последующих преобразований. Так, например, для буферного раствора, образованного слабой одноосновной кислотой, может быть рассчитана по формуле [4]:

$$\beta = 2,303 \cdot \left(\frac{K_{H_2O}}{[H^+]} \cdot [H^+] + \frac{cK_a[H^+]}{([H^+] + K_a)^2} \right) \quad (18)$$

Таким образом, зная рН, по формуле (25) можно рассчитать β любого раствора слабой одноосновной кислоты. В этом случае первые два члена в формуле (19) обуславливают вклад буферного действия воды и имеют вес только при экстремальных значениях рН, а третий – буферного действия сопряженной пары НА - А. Все члены уравнения увеличивают β раствора.

Буферная емкость смеси одноосновных кислот и оснований обладает свойством аддитивности [4]:

$$\beta = \beta_{H_2O} + \beta_{HA_1} + \beta_{HA_2} + \dots + \beta_{HA_n} \quad (19)$$

Аналогично может быть представлена буферная емкость многоосновных кислот, если отношение констант их ионизации $\leq 0,05$.

Так β систем, содержащих трехосновную кислоту, описывается уравнением:

$$\beta = \beta_{H_2O} + \beta_{HA} + \beta_{HA^2} + \beta_{HA^3} = 2,303 \left([H^+] + \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} + \frac{cK_1[H^+]}{(K_1 + [H^+])^2} + \frac{cK_2[H^+]}{(K_2 + [H^+])^2} + \frac{cK_3[H^+]}{(K_3 + [H^+])^2} \right) \quad (20)$$

В целом, буферную емкость многоосновной кислоты, константы ионизации которой не слишком близки друг к другу, можно выразить в виде уравнения

$$\beta_{H_nA} = 2,303 \cdot \left([H^+] + \frac{K_{H_2O}}{[H^+]} \right) + 2,303 \cdot c[H^+] \cdot \sum_{i=1}^n \left(\frac{K_i}{(K_i + [H^+])^2} \right) \quad (21)$$

Большинство многоосновных кислот, полиаминов и аминокислот удовлетворяют этому условию, что позволяет использовать формулу (21) для расчета β их растворов. Если же отношение K_2/K_1 превышает величину 0,05, то необходимо использовать модифицированное уравнение. Так, для раствора двухосновной кислоты:

$$\beta = 2,303 \cdot cK_1 [H^+] \cdot \frac{K_1 K_2 + 4K_2 [H^+] + [H^+]^2}{(K_1 K_2 + K_1 [H^+] + [H^+]^2)^2}, \quad (22)$$

а для раствора трехосновной кислоты:

$$\beta = 2,303 [H^+] cK_1 \frac{[H^+] + 4K_2 [H^+]^3 + (K_1 K_2 + 9K_2 K_3) [H^+]^2 + 4K_1 K_2 [H^+] + K_1 K_2 K_3}{([H^+]^3 + K_1 [H^+]^2 + K_1 K_2 [H^+] + K_1 K_2 K_3)^3} \quad (23)$$

Отметим, что между буферной емкостью и рН зависимость нелинейная. Анализ функции показывает, что при значениях рН $\ll 7$ буферная емкость раствора уменьшается и функция убывает, а при рН $\gg 7$ буферная емкость увеличивается и, соответственно, функция возрастает. Максимальное значение β принимает при рН = рК_а.

Для любой буферной системы с известной концентрацией сопряженной пары в точке рН = рК_а можно ~ оценить максимальное значение буферной емкости системы по формуле

$$\beta_{\max} \approx 0,576 \cdot C, \quad (24)$$

где C – общая концентрация сопряженной пары.

Графически может быть найдена как обратный наклон кривой титрования, который можно выразить через индекс крутизны (см. выше):

$$\eta = \left| \frac{dpH}{d\phi} \right| \quad (25)$$

При этом индекс крутизны связан с буферной емкостью следующим образом:

$$\eta = \frac{c}{\beta}, \quad (26)$$

где c – аналитическая концентрация буферных веществ.

Выводы

Таким образом, можно сделать вывод, что простой подход определения β , отработанный на примере модельных растворов разной степени сложности, в ряде случаев позволяет с хорошей достоверностью предсказать и буферные свойства сложных биологических систем. Такой подход может быть использован для изучения физико-химического механизма гомеостатических функций организма человека.

По данным теоретически рассчитанных буферных емкостей (β) растворов различной степени сложности проанализированы зависимости β , $\lg(\beta)$ и $1/\beta$ от рН раствора и объема (V) титранта. Установлено, что для физиологического диапазона рН данные, полученные путем расчетов по аддитивной схеме, довольно удачно отражают наиболее общие особенности буферности сложных модельных растворов. Вместе с тем, многочисленные детали экспериментальных зависимостей $\beta = f(\text{pH})$ не находят отражения на расчетных кривых.

Список литературы

1. Большая медицинская энциклопедия. – М., 1958. – Т. 7. – С. 1005.
2. Желтовская Н.Н., Пошковский В.П., Савинская Л.А. Влияние белка на кристаллизацию камнеобразующих солей in vitro // Тез. I респ. конф. по биоминералогии. – Луцк, 1988. – С. 88-89.
3. Пюльман Б., Пюльман А. Квантовая биохимия. – М.: Мир, 1965. – 129 с.
4. Тьюки Дж. Анализ результатов наблюдений: Разведочный анализ. – М.: Мир, 1981. – 693 с.

5. *Case-control study of risk factors for idiopathic calcium nephrolithiasis / Wasserstein A.G., Stolley P.D., Sopen K.A. et al. // Mineral. Electrol. Metabol. – 1987. – Vol. 13, № 2. – P. 85-95.*
6. *Freiga F.S., Hemady K. Dissolution of uric acid stones: Alternative to surgery // Urology. – 1976. – Vol. 8, № 4. – P. 334-335.*
7. *Giachelli E.M., Schwartz S.M., Liaw L. Molecular and cellular biology of osteopontin – potential role in cardiovascular disease // Trends in Cardiovascular Medicine. – 1995. – Vol. 5, № 3. – P. 88-95.*
8. *Jenkins A.D. Metabolic stone disease // J. Urol. – 1992. – Vol. 148, № 9. – P. 998-999.*
9. *Liddle L., Seegmiller J.E., Laster L. The enzymatic spectrophotometric method for determination of uric acid // J. Lab. Clin. Med. – 1959. – Vol. 54. – P. 909-912.*
10. *Morin L.G., Prox J. Reduction of ferric phenanthroline: A procedure for determination serum uric acid // Amer. J. Clin. Pathol. – 1973. – Vol. 60. – P. 691-694.*
11. *Neto M., Pillof B., Simon J.A. Dissolution of renal uric acid calculus with allopurinol and alkalization of urine // J. Urol. – 1976. – Vol. 115. – P. 740-741.*
12. *Richards J., Weinman E.J. Uric acid and renal disease // J. Nephrol. – 1996. – Vol. 9, № 4. – P. 160-166.*
13. *Voet D., Rich A. The crystal structures of pyrimidines, pyrimidines and their intermolecular complexes // Progr. Nucl. Acid Res. Mol. Biol. – 1970. – Vol. 10 – P. 183-265.*

Хомутова К.В., Богдан Н.М., Єлізаров О.О., Лінник Н.В., Малигін М.С., Христуленко А.О., Коптильний А.О., Білобров В.М. Буферні властивості складних багатокомпонентних розчинів. – Зроблено докладний аналіз особливостей визначення буферної ємності (β) модельних розчинів різного ступеня складності. Показано, що в ряді випадків прості теоретичні розрахунки дозволяють із високою вірогідністю визначити буферні властивості складних багатокомпонентних систем моделюючих основні рідини організму. Зроблено висновок, що такий підхід може бути використаний для вивчення фізико-хімічного механізму гомеостатичних функцій організму людини.

Ключові слова: гомеостаз, рН, буферність розчинів, моделювання рідин організму.

Khomutova E.V., Bogdan N.M., Jelisarov A.O., Linnik N.V., Malygin M.S., Cystulenko A.A., Koptilnyy A.A., Bilobrov V.M. Buffer properties of composite multicomponent solutions. – The detailed analysis of features of definition of buffer container (capacity) (β) of model solutions of a different degree of complexity is given. It is shown, that in series of cases the prime theoretical calculations allow with high reliability to spot buffer properties of composite multicomponent systems simulative the basic fluid of an organism. The deduction is made, that such approach can be utilised for study of the physicochemical mechanism of homeostatic functions of an organism of the man.

Key words: a homeostasis, pH, buffer properties of solutions, model operation of fluids of an organism.

Д.А. Кочура

**СПОСОБНОСТЬ К РАЗЛИЧЕНИЮ СТИМУЛОВ РАЗЛИЧНОЙ МОДАЛЬНОСТИ
У МОЛОДЫХ ЖЕНЩИН С РАЗЛИЧНЫМИ УРОВНЯМИ
ПСИХОМОТОРНОЙ АКТИВНОСТИ**

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Кочура Д.А. Способность к различению стимулов различной модальности у молодых женщин с различными уровнями психомоторной активности. – Рассматривается проблема переработки стимулов различной модальности у молодых женщин в зависимости от уровня психомоторной активности. Показана повышенная чувствительность зрительного анализатора у активных личностей в сочетании с пониженной толерантностью к действию звука на уровне терминального порога. Вскрываются нейродинамические механизмы, детерминирующие неодинаковую чувствительность сенсорных систем у лиц с высокими и низкими уровнями психомоторной активности.

Ключевые слова: сенсорные системы, генерация возбуждения, общемозговая лабильность, пороги чувствительности анализаторов.

Введение

Генетическая обусловленность темпераментальных характеристика [3, 7-10] и сенсорных систем [2, 4, 5] все же не позволяет определить зависимости между психодинамическими свойствами и параметрами личности. Эти связи носят неоднозначный характер и иногда трактуются с противоположных позиций [6, 11]. Причина неоднозначности трактовок заключается в том, что чувствительность анализаторов зависит от многих сенсорных и внесенсорных факторов, в том числе от уровня активации ЦНС. По данным Ю.М. Забродина [6], изменения порогов анализаторов определяются уровнем активированности субъекта. Экстраверты и невротики способны к большему изменению величины порога в сравнение с менее активированными интровертами и эмоционально стабильными личностями. Предположительно подобные закономерности могут быть экстраполированы и на лиц с различными уровнями психомоторной активности.

Цель данных исследований заключалась в изучении особенностей восприятия зрительных и слуховых стимулов лицами с низкими и высокими уровнями психомоторной активности. Для её достижения предусматривалось решение ряда задач:

1. Изучали темпераментальные характеристики у обследуемой группы лиц.
2. Измеряли абсолютные, дифференциальные и терминальные пороги зрительного и слухового анализатора у лиц с полярными уровнями психомоторной активности.
3. Определяли нейродинамические корреляты чувствительности сенсорных систем у этих лиц.

Материал и методы исследований

Для достижения цели исследований обследовали 83 женщин в возрасте $20 \pm 1,35$ лет. С помощью опросников В.М. Русалова [9], Спилберга [10] и Айзенка [1] определяли уровни психомоторной активности, генетической тревожности и экстравертированности. Общемозговую лабильность оценивали по значениям критической частоты слияния световых мельканий красного цвета (КЧССМ). Для измерения генетически заданного темпа движений использовали методику оптимального теппинга за 10 с. Скорость генерирования возбуждения оценивали по разнице (Δ) максимального и оптимального теппинга за то же время. О выносливости нервной системы судили по величине снижения (%) темпа движений при непрерывном теппинге в течение 90 с (9×10 с). Терминальные пороги слухового анализатора измеряли аудиометром, время переносимости звука на величине этого порога – секундомером. Количество строк, различаемых после темновой адаптации при соответствующей яркости объекта, определяли с помощью адаптометра. Способность обследуемых отмеривать временные интервалы измеряли на хронорефлексомере "Центр". Регистрировали семь значений показателя с последующим

расчетом средних значений величины отклонения от заданного модуля с учетом знака ошибки (%).

Фактический материал обрабатывали с помощью стандартной программы "Excel". С учетом приближения выборок к закону нормального распределения для оценки достоверности различий использовали параметрический t-критерий Стьюдента. При интерпретации матриц двадцатого порядка в расчет принимали достоверные коэффициенты с диагностической ценностью $r \geq 0,3$.

Результаты и обсуждение

В соответствии с целью исследований из общей группы были выделены женщины с высокой ($n = 15$) и низкой ($n = 15$) психомоторной активностью. В результате такого подхода было установлено (табл. 1), что полярные по уровням психомоторной активности группы отличаются степенью выраженности и других личностных свойств. Активным личностям свойственна повышенная (42,5%) экстравертированность в сочетании с пониженной (20,0%) генетической тревожностью. Связи между этими темпераментальными характеристиками для группы активных женщин не установлены. У женщин полярной группы показатель психомоторной активности связан прямой зависимостью ($r = 0,52$) с экстравертированностью, и обратной ($r = -0,54$) – с генетической тревожностью.

Очевидно, пониженный уровень экстравертированности в сочетании с повышенной генетической тревожностью обуславливают низкую психомоторную активность. Эти две личностные характеристики – экстравертированность и тревожность – имеют различный нейроморфологический базис [4, 9], механизмы которого до определенной степени ($0,44 < r < 0,73$) детерминируют чувствительность сенсорных систем у противоположных по психомоторной активности лиц. После темновой адаптации женщины с высокой активностью различают большее (в среднем на 22,0%) количество строк при различной яркости объекта (табл. 1).

Таблица 1

Показатели абсолютных и терминальных порогов зрительного и слухового анализаторов, нейродинамики и темпераментальных характеристик у женщин с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) психомоторной активностью (достоверность различий на уровне $0,05 < p < 0,01$)

Показатели		Группы	
		№ 1	№ 2
		$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$
Разница (Δ) максимального и оптимального темпа движений за 10 с, %		$30,6 \pm 4,11$	$15,6 \pm 3,06$
Количество строк, различаемых после темновой адаптации при яркости объекта, ед.	17,48 асб	$4,8 \pm 0,45$	$6,3 \pm 0,30$
	1,1 асб	$3,6 \pm 0,24$	$4,6 \pm 0,22$
	0,35 асб	$2,7 \pm 0,27$	$3,6 \pm 0,21$
	0,22 асб	$2,4 \pm 0,11$	$2,9 \pm 0,10$
Время переносимости звука на уровне терминального порога при частоте 500 Гц, с		$31,7 \pm 3,06$	$43,4 \pm 2,85$
Ошибка отмеривания временного интервала 15 с с учетом знака, %		$-19,5 \pm 4,75$	$2,8 \pm 4,95$
Экстраверсия, баллы		$16,1 \pm 1,05$	$11,3 \pm 0,96$
Тревожность, баллы		$42,4 \pm 1,81$	$50,9 \pm 1,73$
Психомоторная активность, баллы		$102,7 \pm 3,16$	$82,3 \pm 3,39$

Повышенная различительная способность их зрительного анализатора обуславливается неоднозначными связями с частными и общими свойствами нервной системы: силой возбуждения в корковом отделе зрительного анализатора ($r = 0,5$), общемозговой лабильностью ($r = 0,7$), индивидуальным темпом движений ($r = 0,4$) и лабильностью процесса возбуждения ($r = 0,4$).

Эти нейродинамические процессы определяют динамику абсолютных порогов зрительного анализатора у активных личностей.

Исходя из разницы (Δ) значений оптимального и максимального теппинга (см. табл. 1), скорость процессов генерации возбуждения у активных личностей выше. Кроме того, у них доминируют процессы возбуждения, вследствие чего активные женщины существенно недоотмеривают временные интервалы. По модулю эта ошибка в семь раз превышает соответствующий показатель у поляной группы (см. табл. 1). Активные в психомоторном плане женщины менее толерантны к действию звука на уровне терминального порога. Время переносимости звука у них на 27,0% ниже в сравнение с женщинами из полярной группы (см. табл. 1). Показатель толерантности к действию экстремального по интенсивности звука связан обратными зависимостями со скоростью генерирования ($r = -0,5$) и уровнем возбуждения ($r = -0,4$), скоростью смены тормозных процессов возбуждательными ($r = -0,5$), общемозговой лабильностью ($r = -0,4$) и прямой – с выносливостью нервной системы ($r = 0,6$).

Следовательно, пониженная толерантность лиц с высокой психомоторной активностью к действию звука на уровне терминального порога детерминирована высоким уровнем активации и лабильности нервных процессов в корковых отделах слухового анализатора, повышенной общемозговой лабильностью и недостаточной выносливостью нервной системы.

Изучение порогов чувствительности зрительного и слухового анализатора, определение нейродинамического базиса этой чувствительности у лиц с полярными уровнями психомоторной активности позволяет сформулировать определенные выводы.

Выводы

1. Для лиц с высокой психомоторной активностью характерна повышенная чувствительность зрительного анализатора в сочетании с пониженной толерантностью к действию звука на уровне терминального порога.
2. Нейродинамическим базисом повышенной чувствительности их зрительного анализатора являются скорость и сила процесса возбуждения в корковом отделе, общемозговая лабильность и лабильность возбуждения.
3. Низкая толерантность активных личностей к действию звука на уровне терминального порога находится в обратной зависимости от скорости генерирования и уровня возбуждения, общемозговой лабильности, скорости смены тормозных процессов возбуждательными, и в прямой – от выносливости нервной системы.
4. Точность отмеривания временных интервалов определяется уровнем возбуждения корковых отделов анализаторов и активацией общемозговых структур.

Список литературы

1. Айзенк Г.Ю. Проверьте свои способности. – М., 1972. – 204 с.
2. Бардин К.В. Пороговая проблема в классической и современной психофизике // Проблемы психофизики. – М.: Наука, 1974. – С. 18-34.
3. Бехтерева Н.П. Нейрофизиологические механизмы мышления. – Л., 1988. – 185 с.
4. Горго Ю.П. Психофизиология. – К.: МАУП, 1999. – 128с.
5. Давиденков С.Н. Эволюционно-генетические проблемы в невропатологии. – Л.: Медгиз, 1947. – 389 с.
6. Забродин Ю.М. Особенности решения сенсорных задач человеком. – М.: Наука, 1981. – С. 145, 164-177.

7. *Корякина Л.А., Августинovich Д.Ф.* Выявление параметров тревожности у мышей линии C57 BL/68, CBA/Lac и BAL/c под влиянием антагониста серотониновых рецепторов S_{1A} // Журнал ВНД. – 2000. – № 1. – С. 95-102.
8. *Никитюк Б.А.* Близнецовый метод в морфологии развития человека // Материалы симпозиума по генетическим исследованиям развития человека на основе изучения близнецовых пар. – М., 1974. – С. 5-20.
9. *Русалов В.М.* Психология и психофизиология индивидуальных различий: некоторые итоги и ближайшие задачи системных исследований // Психол. журнал. – 1994. – № 5. – С. 37-44.
10. *Строганова Т.А., Цетлин М.М.* Биологические основы индивидуальных различий детей второго полугодия жизни. Сообщение 2. Природа индивидуальных различий в чертах темперамента // Физиология человека. – 2000. – № 3. – С. 38-47.
11. *Фролов М.В., Сидорова О.А., Куликова М.А.* Моделирование формулы эмоций: объективные и количественные показатели // Журнал ВНД. – 2000. – № 3. – С. 410-420.

Кочура Д.А. Здібності до розрізнення стимулів різної модальності у молодих жінок із різними рівнями психомоторної активності. – Розглядається проблема переробки стимулів різної модальності у молодих жінок залежно від рівнів психомоторної активності. Показано підвищену чутливість зорового аналізатора в активних особистостей у сполученні зі зниженою толерантністю до дії звуку на рівні термінального порога. Розкриваються нейродинамічні механізми, що детермінують неоднакову чутливість сенсорних систем у осіб з високими і низькими рівнями психомоторної активності.

Ключові слова: сенсорні системи, генерація збудження, загально мозкова лабільність, пороги чутливості аналізаторів.

Kochura D.A. The peculiarity of different modality perception in young women with different activity level. – In experiments sensory system's heightened sensibility and acoustic sensory system's reduced extreme endurance have been discovered. Neurodynamical mechanisms, underline differences in sensory system's sensibility of person with heightened and reduced psychical activity have been disclosed.

Key word: sensory system, generation of excitation, brain lability, threshold of sensory system's sensibility.

В.А. Романенко, Д.А. Кочура
ВЗАИМОСВЯЗЬ ЛИЧНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК
С ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТЬЮ СЕНСОРНЫХ СИСТЕМ

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Романенко В.А., Кочура Д.А. Взаимосвязь личностных характеристик с чувствительностью сенсорных систем. – Для тревожных и эмоционально нестабильных личностей характерны повышенные уровни слуховой и зрительной чувствительности, лучшая точность отмеривания динамических усилий и худшая – оценки временных интервалов.

Ключевые слова: пороги сенсорной чувствительности, личностные характеристики.

Введение

В структуре индивидуальности выделяют макроморфологический, биохимический, нейродинамический и психодинамический уровни, связи между которыми носят сложный и неоднозначный характер [1, 2]. В связи с этим цель исследований заключалась в изучении организации сенсорных систем у лиц с "полярными" уровнями генетической тревожности и нейротизма. Для достижения цели решали следующие задачи: 1) изучали зависимости между показателями сенсорной чувствительности, нейротизма и генетической тревожности; 2) измеряли чувствительность сенсорных систем у лиц с низкими и высокими уровнями нейротизма и генетической тревожности; 3) определяли нейродинамические механизмы, детерминирующие различия в уровнях сенсорной чувствительности у лиц с "полярными" свойствами характера.

Материал и методы исследований

Для достижения цели у 78 женщин в возрасте 19-20 лет с помощью опросников Спилберга [3] и Айзенка [4] определяли уровни генетической тревожности и нейротизма. Для оценки функционального состояния сенсорных систем и ЦНС регистрировали ЛП АМР на пороговый раздражитель (ЛП АМР_{пор.}) и звук 40 ДБ (ЛП АМР₄₀), ЛП ЗМР на простой стимул (ЛП ЗМР), реакцию различения одного из двух стимулов (ЛП ЗМР₁₋₂), РДО, ошибку отмеривания временных интервалов 5, 15 и 30 с. Показатели слуховой чувствительности регистрировали на аудиометре, зрительной – на адаптометре. Способность обследуемых к отмериванию динамических усилий 25, 50 и 70% F_{max} оценивали с помощью динамометра. Генетически обусловленный темп движений определяли по значениям оптимального теппинга за 10 с. Значения максимального теппинга за то же время рассматривали как показатель силы возбуждения моторной коры [1]. Сбалансированность нервных процессов определяли по кинематометрической методике Е.П. Ильина. Общемозговую лабильность оценивали по КЧССМ. Фактический материал обрабатывали с помощью стандартной программы "Excel". Для оценки достоверности различий использовали t-критерий Стьюдента. Достоверными ($p \leq 0,05$) считали коэффициенты корреляции с диагностической ценностью ($r \geq 0,3$).

Результаты и обсуждение

В результате исследования было установлено (табл. 2-3), что тревожным личностям свойственны высокие значения нейротизма, а невротикам – генетической тревожности. Психофизиологическим базисом генетической тревожности является низкая подвижность и сила нервных процессов [5]. Морфологическим субстратом нейротизма и тревожности является лобно-лимбический комплекс. Индивидуальные особенности поведения, близкие по своим характеристикам к параметру "нейротизм-эмоциональная стабильность", определяются соотношением систем "двигательная кора – гипоталамус" и гиппокамп-миндалины [1, 6]. Существует также предположение о прямой генетической обусловленности эмоциональных различий [3], а также об участии интерорецепции в поддержании общемозговой активности и уровня эмоционального напряжения. Таким

образом, темпераментальные характеристики должны в известной степени определять и особенности восприятия стимулов различной модальности. Так, по нашим данным, для группы тревожных и невротиков характерны (табл. 1) средние отрицательные зависимости между темпераментальными характеристиками и показателями чувствительности сенсорных систем. В группе нетревожных и эмоционально стабильных личностей корреляции носят прямой характер, выражены менее значимо ($0,31 \leq r \leq 0,43$) либо вообще отсутствуют. Общее число и уровень ($0,51 \leq r \leq 0,73$) этих связей у тревожных личностей выше в сравнении с нетревожными (см. табл. 1).

Таблица 1

Зависимости между темпераментальными характеристиками и показателями чувствительности сенсорных систем у женщин с полярными уровнями генетической тревожности и нейротизма

Показатели чувствительности		тревожные	нетревожные	невротики	эмоционально стабильные
		Коэффициенты корреляции			
Темновая адаптация	освещенность 0,1	-0,52	0,31	-0,51	0,33
	освещенность 1,3	-0,54	0,42	-0,53	0,43
	освещенность 1,8	-0,51	0,41	-0,52	0,42
	освещенность 2,0	-0,53	0,33	-0,50	0,42
Острота зрения, ед		0,62	0,42	0,61	0,42
Время различения строк при пониженной освещенности, с	первой	-0,51		-0,52	
	второй	-0,52		0,56	
Абсолютные пороги слухового анализатора на частоту звука	500 Гц, ДБ	0,52		0,56	
	1000 Гц, ДБ	0,51		0,57	
Ошибка отмеривания временных интервалов, %	5"	0,51		0,52	
	15"	0,52		0,57	
	30"	0,57		0,51	

С повышением уровня генетической тревожности и нейротизма чувствительность сенсорных систем возрастает (табл. 2-3). Так, у тревожных и невротиков ниже абсолютные пороги слуха на частоту звука 500 и 1000 Гц и острота зрения при пониженной освещенности. Эти лица существенно недоотмеривают временные интервалы (см. табл. 3), что является следствием доминирования у них процессов возбуждения (см. табл. 2-3).

Судя по значениям $AMP_{пор}$, AMP_{40} и их соотношению, оптимальному и максимальному теппинугу, РДО, внешнему балансу и лабильности нервных процессов для невротиков и тревожных характерны повышенные лабильность и скорость генерирования возбуждения в корковых отделах анализаторов. Следовательно, полярные группы отличаются частными и общими свойствами нервной системы, что подтверждает влияние генотипа на психику человека через его нейродинамические процессы [2].

Абсолютные пороги слухового анализатора коррелируют с ЛП $AMP_{пор}$ ($r = -0,4$), ЛП $AMP_{пор}/ЛП AMP_{40}$ ($r = -0,7$) и лабильностью тормозных процессов ($r = 0,5$). Значения этих показателей у невротиков и тревожных предпочтительнее в сравнении с их антиподами (см. табл. 2-3). У последних подобные зависимости не установлены. Следовательно, повышенная слуховая чувствительность у невротиков и тревожных личностей детерминирована силой, лабильностью и скоростью генерирования процесса возбуждения в корковом отделе анализатора.

Таблица 2

Показатели сенсорной чувствительности, нейрдинамики и темпераментальных характеристик у молодых женщин с высокой (группа 1) и низкой (группа 2) генетической тревожностью (достоверность различий на уровне $0,05 < p < 0,01$)

Показатели чувствительности		Группа 1	Группа 2
		$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$
Абсолютный порог слуховой чувствительности на частоту звука	500 Гц, ДБ	15,7±1,35	20,3±1,15
	1000 Гц, ДБ	12,0±1,06	16,2±1,15
Ошибка отмеривания динамических усилий, %	25% F _{max}	44,8±5,10	63,7±4,28
	50% F _{max}	8,6±1,88	16,9±1,52
	75% F _{max}	1,4±0,29	2,8±0,34
Средняя ошибка отмеривания усилий, %		18,3±2,35	27,8±2,25
Время различения строк при пониженной освещенности, с	первой	3,7±0,38	5,6±0,42
	шестой	68,8±2,75	80,0±3,01
ЛП АМР _{пор} , мс		235,8±5,40	258,2±3,11
ЛП АМР _{пор} / ЛП АМР ₄₀ , ед		1,3±0,03	1,1±0,03
Лабильность процессов торможения, ед		2,0±0,41	0,4±0,23
РДО с учетом знака ошибки, мс		-62,0±5,09	42,8±4,80
Теппинг-тест оптимальный 10 с, ед		49,4±1,32	43,9±1,44
Тревожность, баллы		56,5±1,40	33,4±1,20
Нейротизм, баллы		18,2±0,60	11,8±1,10

Таблица 3

Показатели сенсорной чувствительности, нейродинамики и темпераментальных характеристик у молодых женщин с низкой (группа 1) и высокой (группа 2) эмоциональной стабильностью (достоверность различий на уровне $0,05 < p < 0,01$)

Показатели чувствительности		Группа 1	Группа 2
		$\bar{x} \pm m$	$\bar{x} \pm m$
Абсолютный порог слуховой чувствительности при частоте звука 500 Гц, ДБ		15,9±1,00	20,7±1,25
Время различения строк при пониженной освещенности, с	первой	4,4±0,57	6,7±0,70
	шестой	85,6±10,66	135,4±9,01
Ошибка отмеривания временных интервалов, %	5"	-24,2±2,22	+11,3±2,73
	15"	-11,6±0,87	+8,1±0,67
	30"	-5,7±0,93	+2,4±0,72
Ошибка отмеривания временных интервалов, %		-13,8±1,82	+7,3±1,67
ЛП АМР _{пор} , мс		228,3±3,98	243,8±3,73
Теппинг оптимальный 10 с, ед		48,7±1,74	43,0±1,656
Теппинг максимальный 10 с, ед		64,3±1,61	58,1±1,79
Лабильность процессов возбуждения, ед		1,1±0,13	0,7±0,11
Лабильность процессов торможения, ед		1,5±0,12	1,1±0,10
Внешний баланс нервных процессов, град.		15,4±9,95	-23,2±10,14
Нейротизм, баллы		19,6±0,42	9,2±0,40
Тревожность, баллы		50,8±3,14	38,5±1,55

Полярные группы отличаются световой чувствительностью при пониженном освещении (см. табл. 2-3). Тревожные и невротики, в отличие от эмоционально стабильных и нетревожных, различают первую строку быстрее в среднем на 51,9%, а шестую – на 37,4%. Эти показатели зрительной чувствительности имеют неодинаковое количество связей с показателями нейродинамики. Время различения первой строки коррелирует с ЗМР₁₋₂ ($r = 0,8$) и лабильностью нервных процессов ($r = 0,6$). Во втором случае корреляции показателей нейродинамики со временем различения шестой строки выглядят следующим образом: ЛП ЗМР ($r = -0,7$), ЛП ЗМР₁₋₂ ($r = -0,9$), АМР_{пор} ($r = -0,8$), АМР₄₀ ($r = -0,9$), АМР_{пор}/ АМР₄₀ ($r = 0,8$), РДО ($r = -0,7$), КЧССМ ($r = 0,5$), теппинг-тест максимальный ($r = -0,5$).

Это свидетельствуют о том, что обнаружение сигнала низкой интенсивности (шестая строка) реализуется за счет возбуждения не только коркового отдела анализатора, но и других структур мозга, прямо несвязанных с приемом и переработкой информации определенной модальности.

Снижение абсолютных порогов происходит в результате активации нервных центров, синхронизации их работы и повышения общемозговой лабильности. Очевидно, повышение чувствительности сенсорных систем при обнаружении стимулов низкой интенсивности идет по механизму ориентировочного рефлекса за счет неспецифической активации мозга при широком подключении нервных центров. Те же тенденции свойственны для групп нетревожных и эмоционально стабильных личностей.

Следовательно, в различных по личностным характеристикам группах к восприятию зрительных сигналов различной интенсивности подключаются одни и те же нервные центры. Однако исходные уровни активации этих центров больше у невротиков и тревожных, меньше у эмоционально стабильных и нетревожных (см. табл. 1-2).

Эти закономерности экстраполируются и на двигательный анализатор. Нейродинамическими коррелятами чувствительности двигательного анализатора являются общемозговая лабильность и лабильность нервных процессов, связанные обратными зависимостями с величиной ошибки отмеривания динамических усилий ($-0,48 < r < 0,64$). Эта закономерность характерна как для тревожных, так и для нетревожных личностей. Большая лабильность тормозных процессов позволяет тревожным личностям точнее (в среднем на 52,0%) отмеривать динамические усилия (см. табл. 2).

Изучение связей между нейродинамическими механизмами сенсорной чувствительности и темпераментальными характеристиками позволяет сформулировать определенные выводы.

Выводы

1. Для тревожных и эмоционально нестабильных личностей характерна повышенная чувствительность слуховой, зрительной и двигательной сенсорных систем: у них ниже абсолютные пороги слуховой чувствительности на частоту звука 500 и 1000 Гц, выше способность к различению зрительных стимулов при пониженной освещенности и больше точность отмеривания динамических усилий.

2. Нейродинамическими коррелятами повышенной чувствительности слухового и зрительного анализаторов у тревожных личностей и невротиков являются высокая лабильность, сила и скорость генерирования возбуждения в их корковых отделах. Чувствительность двигательного анализатора определяется уровнем общемозговой лабильности и лабильности нервных процессов.

3. Восприятие зрительных стимулов низкой интенсивности реализуется благодаря неспецифической активации мозга за счет широкого подключения нервных центров, непосредственно несвязанных с приемом и переработкой специфической информации.

Список литературы

1. Русалов В.М. Биологические основы индивидуально-психологических различий. – М.: Наука, 1979. – 352 с.

2. *Симонов П.В.* Темперамент. Характер. Личность. – М.: Наука, 1981. – С. 59.
3. *Строганова Т.А. Цетлин М.М.* Биологические основы индивидуальных различий детей второго полугодия жизни // Физиология человека. – 2000. – № 3. – С. 38-47.
4. *Айзенк Г.Ю.* Проверьте свои способности. – М., 1972. – 204 с.
5. *Леонгард К.* Акцентуированные личности. – К.: Вища шк., 1989. – 375 с.
6. *Индивидуально-психологические различия и биоэлектрическая активность мозга человека / Под ред. В.М. Русалова.* – М: Наука, 1988. – С.149-176.

Романенко В.О., Кочура Д.А. Взаємозв'язок особистісних характеристик із чутливістю сенсорних систем. – Для тривожних та емоційно нестабільних особистостей є характерним високий рівень слухової та зорової чутливості, більша точність відмірювання динамічних зусиль та менша – оцінювання часових інтервалів.

Ключові слова: пороги сенсорної чутливості, особистісні характеристики.

Romanenko V.O., Kochura D.A. The temperamental feature's correlation with sensory system's sensibility. – This article represents some study of sensory system's organization in person with different temperamental features. The acoustic and visual sensory systems' heightened sensibility have been discovered in persons with high level of anxiety and emotional instability. The higher accuracy of making dynamical efforts and lower accurate timing are typical for this persons too.

Key words: threshold of sensibility, temperamental features.

В.И. Соболев, Н.В. Пичурина
ВЛИЯНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ГИПЕРТИРЕОЗА НА ЭНЕРГЕТИКУ
СОКРАТИТЕЛЬНОГО АКТА В ПРОЦЕССЕ РАЗВИТИЯ УТОМЛЕНИЯ
(исследование *in situ*)

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Соболев В.И., Пичурина Н.В. Влияние экспериментального гипертиреоза на энергетику сократительного акта в процессе развития утомления (исследование *in situ*). – Показано, что при экспериментальном гипертиреозе легкой степени выраженности переднеберцовая мышца белых крыс в условиях *in situ* способна развивать силу изометрического сокращения большую (+11%), чем мышца контрольных, эутиреоидных животных; одновременно возрастает лабильность мышцы, что проявляется в уменьшении (на 40%) латентного периода сократительного акта и времени развития максимальной силы сокращения (на 17%). При экспериментальном тиреотоксикозе ослабляется (-11%) сила изометрического сокращения переднеберцовой мышцы белых крыс, снижается ее работоспособность (60%) и лабильность сократительного акта, а также возрастает температурная стоимость сократительного акта.

Ключевые слова: мышца, энергетика, гипертиреоз, трийодтиронин.

Введение

Среди актуальных проблем современной физиологии важное место принадлежит проблеме гормональной регуляции функций нервно-мышечной системы [2, 4, 12, 13]. Актуальность проблемы связана с резким возрастанием степени распространения заболеваемости щитовидной железой. Известно, что повышенный тиреоидный статус организма сопровождается существенными нарушениями функций многочисленных физиологических систем [1, 6-8, 10]. Одной из таких физиологических систем является нервно-мышечная система [3, 5, 9, 11, 12, 14, 15]. Несмотря на наличие большого фактического материала, относительно влияния гипертиреоза на отдельные изолированные структуры мышечного волокна, вопрос, касающийся характера изменений в нервно-мышечном аппарате при различной степени выраженности гипертиреоидных состояний в условиях функционально целостного организма, изучен недостаточно.

Цель работы – изучение динамики основных параметров, характеризующих энергетику мышечного сокращения у белых крыс с разной степенью выраженности экспериментального гипертиреоза в ходе развития утомления.

Материалы и методы исследования

Все эксперименты были выполнены на лабораторных белых крысах-самцах массой около 300 г.

Модель экспериментального гипертиреоза. Среди многочисленных способов выбора модели экспериментального гипертиреоза нами использовался метод ежедневного подкожного введения трийодтиронина. В этих экспериментах использовался экспериментальный гипертиреоз, выраженность которого нами оценивалась, как легкая. Основанием этого служила ректальная температура, скорость потребления кислорода и частота сердечных сокращений. При нашей модели ректальная температура у животных повышалась до $39,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (у контроля $38,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$), потребление кислорода увеличивалось до 28-30%, а тахикардия была умеренной. Степень выраженности главных симптомов гипертиреоза, как видно, была невысокой. Кроме того, у животных отсутствовали визуальные признаки тиреотоксикоза, такие как чрезмерное исхудание, выпадение шерсти, высокая смертность, апатия и др.

Используемая модель формировалась путем подкожного введения трийодтиронина в дозе 30 мкг/кг ежесуточно в течение 10-12 дней, либо в дозе 100 мкг/кг в течение 5-7 дней. Учитывая индивидуальную чувствительность к гормону, которая у белых крыс чрезвычайно переменчивая, число инъекций в разных случаях колебалось в пределах 20-30%. Инъекции осуществлялись под постоянным контролем ректальной температуры и прекращались после достижения уровня $38,9 \dots 39,1^{\circ}\text{C}$.

Модель экспериментального тиреотоксикоза. Для более полной характеристики влияния тиреоидных гормонов на изучаемые процессы, физиологические функции и показатели использовали также модель выраженного гипертиреоза, или экспериментального тиреотоксикоза. Такое состояние вызывалось путем подкожного ежедневного введения трийодтиронина в дозе 100 мкг/кг. Число инъекций в некоторых случаях достигало 25. Показателем наступления состояния тиреотоксикоза служила высокая ректальная температура и повышенная скорость потребления кислорода. Использовались две разновидности тиреотоксикоза. В первом случае тиреотоксикоз характеризовался ректальной температурой $40,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, а во втором температура тела доводилась до уровня $41,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$ (у контроля $38,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$). Показателем степени выраженности тиреотоксикоза являются также типичные визуальные симптомы тиреотоксикоза – выпадение шерсти, измененные поведенческие реакции (животные переставали чистить свою шерстку, становились вялыми). Все это в совокупности служило доказательством развития у животных выраженного токсикоза, наступившего в результате введения высоких доз гормона щитовидной железы трийодтиронина.

С использованием животных всех 4 экспериментальных групп были выполнены эксперименты по изучению характера влияния различного тиреоидного статуса на ряд параметров изометрического сокращения передней большеберцовой мышцы белой крысы. Для изучения параметров энергетики сокращения мышцы была использована методика измерения так называемой температурной стоимости мышечного сокращения [11]. Суть метода заключалась в определении соотношения между величиной прироста температуры сокращающейся мышцы к единице развиваемой силы (рис. 1). Экспериментальная установка представлена двумя каналами. Эргометрический канал включал механодатчик (тензодатчик), усилитель и компьютер. Сигнал разбаланса от системы датчика усиливался фотоусилителем типа Ф-359 и регистрировался с помощью системы компьютера. Термометрический канал представлен медь-константановой термопарой, фотоусилителем и компьютерным самописцем.

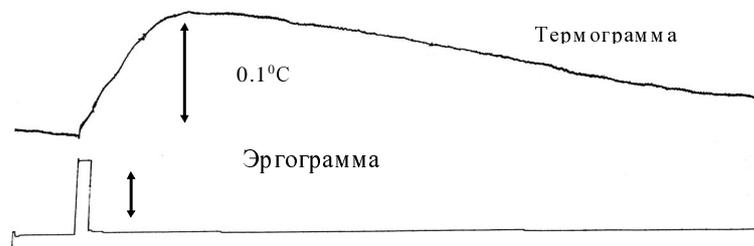


Рис. 1. Образец параллельной записи термограммы и эргограммы переднеберцовой мышцы белой крысы

Подготовка животного к опыту заключалась в следующем. Крыса наркотизировалась путем внутрибрюшинного введения этиминала натрия в дозе 50 мг/кг, а затем фиксировалась в станке установки. Далее отпрепаровывался малоберцовый нерв, который в дальнейшем помещался в погружной электрод. Без нарушения естественной теплоизоляции отсекалось дистальное сухожилие передней большеберцовой мышцы. При помощи стальной гибкой тяги сухожилие крепилось к механодатчику. С помощью микровинта устанавливалась исходная сила растяжения мышцы, равная 100 г. Во всех опытах величина электрического раздражения (стимулятор ЭСЛ-1, длительность импульсов 1,0 мс, частота 60 Гц) выбиралась выше пороговой, что позволяло мышце сокращаться с предельной силой.

Всего наносилось 10 раздражений. В ходе расчетов определялась сила изометрического сокращения, которая выражалась в "Н - Ньтон", латентный период сокращения, время

развития максимальной силы сокращения и прирост температуры мышцы вначале и конце серии сокращений.

После завершения опыта животное умерщвлялось эфиром в соответствии с "Правилами работы с экспериментальными животными".

Результаты исследования и их обсуждение

Использованная в нашей работе модель экспериментального гипер- и тиреотоксикоза позволила сформировать три группы животных, характеризующихся разной степенью нарушения тиреоидного статуса. Так, значение ректальной температуры у опытных животных прогрессивно увеличивалось: у крыс "1Т₃-группы" на $1,0 \pm 0,1^{\circ}\text{C}$, у животных "2Т₃-группы" на $2,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$ и "3Т₃-группы" на $3,0 \pm 0,2^{\circ}\text{C}$.

Необходимо отметить, что степень выраженности экспериментального гипертиреоза определялась заранее и в качестве тестового показателя использовалась температура тела трех уровней: 39,0, 40,0 и $41,0^{\circ}\text{C}$. Достижение последнего уровня вызывало определенные трудности. Они выражались в том, что не у всех животных удалось искусственно повысить ректальную температуру до уровня $41,0^{\circ}\text{C}$. Тем не менее, для экспериментов отбирались только те животные, у которых значение температуры тела достигало заранее заданного уровня.

Вторым важным показателем является скорость потребления кислорода, которая у крыс с экспериментальным гипертиреозом и тиреотоксикозом соответственно возрастала на 24% (1Т₃-группа), 33% (2Т₃-группа) и 57% (3Т₃-группа). Как видно, у животных последней группы интенсификация потребления кислорода при использованной модели экспериментального тиреотоксикоза была, по-видимому, близка к максимально возможной.

Многочисленные инъекции трийодтиронина вызывали изменения и со стороны такого показателя, как частота сердечных сокращений. Результаты наших исследований показали, что у животных экспериментальных групп частота сердцебиений увеличивалась соответственно по сравнению с контролем на 64 ± 8 уд/мин (1Т₃-группа), 86 ± 10 уд/мин (2Т₃-группа) и 34 ± 7 уд/мин (3Т₃-группа). Вызывает интерес тот факт, что у крыс с тяжелой степенью выраженности экспериментального тиреотоксикоза (3Т₃-группа) частота сердечных сокращений возрастала в меньшей степени, чем у крыс других групп, получавших меньшее число инъекций трийодтиронина. На наш взгляд, это связано с развитием при тиреотоксикозе данной модели тяжелых расстройств со стороны сердечно-сосудистой системы [3, 7].

Наконец, четвертым показателем, характеризующим степень выраженности экспериментального гипертиреоза и тиреотоксикоза, является масса тела. Так, масса тела у крыс названных экспериментальных групп существенно падала соответственно на 18 ± 5 г (1Т₃-группа), 14 ± 4 г (2Т₃-группа) и 51 ± 7 г (3Т₃-группа).

Таким образом, можно с уверенностью сказать, что опыты были выполнены на животных с четко выраженными различиями в состоянии тиреоидного статуса – от эутиреоза до тяжелой степени тиреотоксикоза.

На следующем этапе работы исследовались параметры изометрического сокращения переднеберцовой мышцы белых крыс опытных и контрольной групп. Прежде всего, представляет интерес анализ результатов, полученных при определении значения максимальной силы изометрического сокращения мышцы. Цифровой материал приведен в таблице 1 и иллюстрирован рис. 2.

Как видно из представленных данных, у крыс контрольной группы при первом изометрическом сокращении максимальная сила, развиваемая мышцей, соответствовала $1,47 \pm 0,03$ Н. В ходе повторяющихся сокращений сила мышцы постепенно нарастала и становилась наиболее высокой на 4-ом сокращении ($1,56 \pm 0,02$ Н), что было на $0,09 \pm 0,36$ Н больше (+6%, $p < 0,05$). Такое явление объясняется так называемым эффектом вратывания мышцы. К окончанию опыта (10-е сокращение) переднеберцовая мышца контрольных

животных сокращалась с силой $1,24 \pm 0,03$ Н, что было на 16% ниже ($p < 0,05$) исходной. Этот факт свидетельствует о развитии в скелетной мышце явления утомления.

Таблица 1

Значение максимальной силы изометрического сокращения (Н), развиваемой переднеберцовой мышцей белых крыс разных групп

Группа	Количество сокращений (номер сокращения)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n=10	1,63 ±0,02	1,66 ±0,02	1,75 ±0,03	1,65 ±0,03	1,6 ±0,04	1,44 ±0,03	1,38 0,02	1,33 ±0,02	1,2 ±0,02	1,14 0,04
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n=10	1,56 ±0,02	1,55 ±0,03	1,47 ±0,03	1,39 ±0,03	1,11 ±0,04	1,05 ±0,04	0,99 ±0,05	0,97 ±0,05	0,9 ±0,06	0,89 ±0,05
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n=10	1,31 ±0,03	1,29 ±0,02	1,13 ±0,04	1,01 ±0,02	0,98 ±0,03	0,94 ±0,02	0,89 ±0,03	0,82 ±0,04	0,73 ±0,05	0,5 ±0,06
Контроль (К-группа) n=12	1,47 ±0,03	1,5 ±0,02	1,52 ±0,04	1,56 ±0,02	1,5 ±0,03	1,45 ±0,02	1,37 ±0,03	1,36 ±0,03	1,29 0,02	1,24 ±0,03

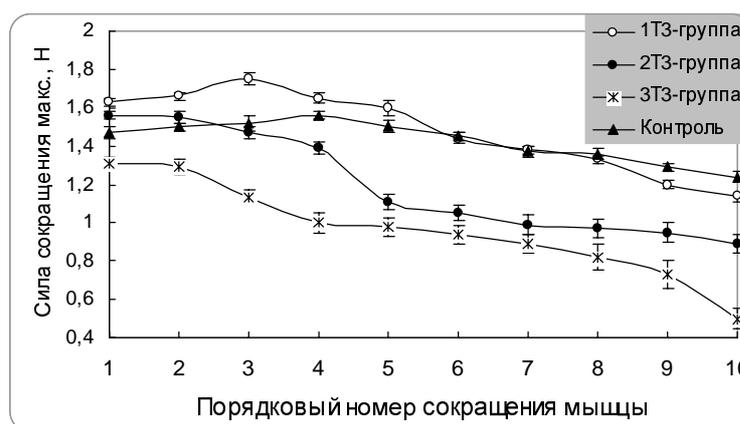


Рис. 2. Значение максимальной силы, развиваемой переднеберцовой мышцей белых крыс с различным тиреоидным статусом

Модель экспериментального гипертиреоза (1Т₃-группа, легкий гипертиреоз) вызывала четкие однонаправленные изменения со стороны силовой характеристики сокращения мышцы, свидетельствующие о повышении ее сократимости. Так, исходная сила сокращения мышцы у крыс данной группы составляла $1,63 \pm 0,02$ Н, что было на 11% больше ($p < 0,05$) контрольного уровня. В дальнейшем в ходе очередных сокращений проявлялся эффект утомления переднеберцовой мышцы, к 10-му сокращению мышца сокращалась с такой же силой, как и мышца контрольной группы животных.

Экспериментальный тиреотоксикоз первой степени выраженности (2Т₃-группа) оказывал положительное влияние на силу первого сокращения (+6%, $p < 0,05$), но отрицательно воздействовал на скорость развития утомления. Так, у животных данной группы сила 10-го сокращения была на 28% ниже ($p < 0,05$) контрольного уровня.

Еще более выраженный эффект на силовые характеристики мышечного сокращения оказывала модель экспериментального тиреотоксикоза второго типа (3Т₃-группа). У

животных данной группы исходная сила сокращения была на 11% ниже ($p < 0,05$) контроля, а конечное, 10-е сокращение – на 60% ($p < 0,05$).

Таким образом, исследование первого изучаемого параметра мышечного сокращения (максимальной силы) показало, что характер эффекта тиреоидных гормонов определяется степенью изменения тиреоидного статуса: при легком гипертиреозе максимальная сила сокращения мышцы нарастает, а при выраженном тиреотоксикозе, наоборот, падает.

Вторым показателем, характеризующим силовые параметры изометрического сокращения, является время, необходимое для развития максимальной силы сокращения. Этот показатель рассчитывался на основании компьютерных эргограмм. Результаты показали (табл. 2, рис. 3), что при первом изометрическом сокращении максимальная сила развивалась у крыс контрольной и гипертиреоидной группы соответственно через 756 ± 31 и 627 ± 28 мс. Как видно, мышца гипертиреоидных животных (1Т₃-группа) развивала максимальную силу сокращения в более короткие сроки (на 17%, $p < 0,05$), т.е. обладала лучшей скоростной характеристикой.

Таблица 2

Значение времени (мс), необходимого для развития максимальной силы изометрического сокращения мышцы у крыс разных групп

Группа	Количество сокращений (порядковый номер сокращения)									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n=10	627 ±28	601 ±36	628 ±42	639 ±45	678 ±35	681 ±39	699 ±46	783 ±44	865 ±51	986 ±49
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n=10	893 ±38	989 ±39	957 ±28	1017 ±27	1189 ±33	1203 ±36	1207 ±41	1218 ±48	1268 ±49	1284 ±55
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n=10	1027 ±48	1036 ±56	1259 ±59	1389 ±67	1457 ±56	1589 ±69	1599 ±71	1620 ±87	1863 ±89	1931 ±99
Контроль (К-группа) n=10	756 ±31	658 ±32	789 ±35	799 ±34	854 ±38	893 ±24	931 ±26	965 ±28	989 ±39	1011 ±37

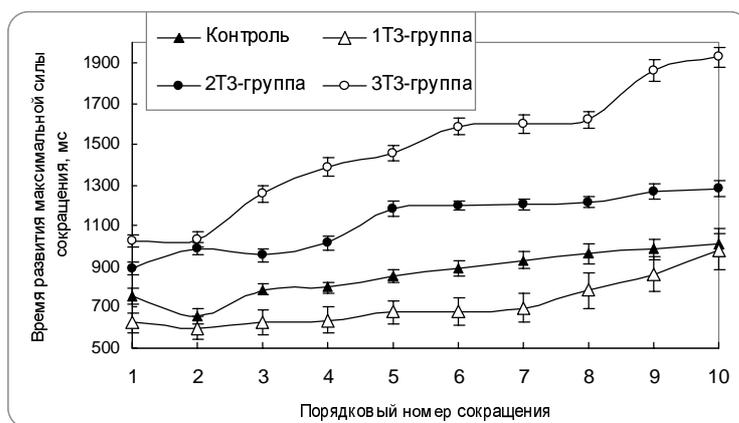


Рис. 3. Значение времени, необходимого для развития максимальной силы сокращения мышцы у крыс разных групп

Совсем другой эффект отмечен у животных с экспериментальным тиреотоксикозом (2Т₃- и 3Т₃-группы), у которых описанный показатель был соответственно на 18 и 36% выше ($p < 0,05$) контрольного уровня. Следовательно, при токсических формах гипертиреоза лабильность скелетной мышцы резко падает. Такая закономерность проявлялась на всех этапах работы мышцы – от 1-го до последнего 10-го сокращения.

Наконец, третьим информативным показателем, отражающим сократительную функцию скелетной мышцы, является латентный период сокращения. Напомним, что этот период соответствовал минимальному времени, необходимому для статистически достоверной реакции (сокращения) переднеберцовой мышцы белых крыс после момента нанесения электрического раздражения. Анализ полученных данных показал, что исходный латентный период сокращения мышцы (при 1-м сокращении) наименьшим оказался у крыс с экспериментальным гипертиреозом легкой степени выраженности (1Т₃-группа), составляя $21 \pm 1,5$ мс, что было на 40% меньше ($p < 0,05$) контрольного уровня.

Экспериментальный тиреотоксикоз оказывал неравнозначное влияние на данный параметр сокращения скелетной мышцы. Действительно, у крыс со средней степенью выраженности экспериментального тиреотоксикоза (2Т₃-группа) латентный период сокращения статистически достоверно не отличался от уровня контроля. Однако при высокой степени тяжести тиреотоксикоза величина лабильности мышцы резко падала, о чем свидетельствует время порога реакции, соответствующего $47 \pm 1,8$ мс. Приведенная величина была на 34% больше ($p < 0,05$) контрольного уровня ($35 \pm 1,3$ мс). В процессе развития утомления лабильность мышцы понижалась у животных всех групп. Так, у животных контрольной группы к 10-му сокращению латентный период достигал значения $63 \pm 4,1$ мс, что было на 80% больше исходной величины, т.е. при первом сокращении. Еще более выраженные изменения имели место и у животных с легкой степенью экспериментального гипертиреоза, у которых величина латентного периода реакции сокращения мышцы увеличилась в 2,71 раза ($p < 0,05$). Абсолютное значение такого рода изменения однозначно свидетельствуют о высокой физиологической значимости данного явления. По-видимому несмотря на легкую степень гипертиреоза, в скелетных мышцах белых крыс данной группы произошли какие-то фундаментальные изменения, которые и привели к резкой потере лабильности сократительного акта.

Углубление степени экспериментального гипертиреоза вплоть до тиреотоксикоза (2Т₃- и 3Т₃-группы) также оказало отрицательное влияние на латентный период реакции сокращения переднеберцовой мышцы в ходе развития утомления. Так, абсолютная величина латентного периода реакции мышцы на раздражение у крыс данных групп составляла соответственно $81 \pm 4,9$ мс и $93 \pm 5,9$ мс. Приведенные значения были соответственно на 29 и 48% выше ($p < 0,05$), чем у крыс контрольной группы. Одновременно величина данного показателя была выше, чем у крыс легкой степени выраженности экспериментального гипертиреоза.

В основе подобного действия йодтиронинов может лежать явление неравнозначности эффектов физиологических и сверхфизиологических доз гормона [12, 13]. Действительно, при слабой степени выраженности экспериментального гипертиреоза, сопровождающегося повышением температуры тела до уровня $39,0^{\circ}\text{C}$, эффект трийодтиронина проявлялся в улучшении лабильности скелетной мышцы. При высокой степени выраженности экспериментального гипертиреоза, когда ректальная температура повышалась до значения $41,0^{\circ}\text{C}$, характер влияния тиреоидных гормонов на лабильность изменялся на обратный. Этот факт свидетельствует, что на первых этапах формирования экспериментального гипертиреоза изменения, по-видимому, развиваются на уровне эффективности нервно-мышечной передачи возбуждения и, возможно, на уровне более широкого вовлечения в сократительный акт отдельных мышечных волокон [12].

Что же касается факта понижения работоспособности скелетной мышцы при тиреотоксикозе, то данное явление может быть связано с нарушениями энергетического обмена мышцы [1, 5, 8]. Такие нарушения возможны за счет "включения" механизмов

деградации энергии – разобщения дыхания и фосфорилирования в дыхательной цепи, активацией натрий-калиевого насоса и др. [11, 17, 18]. В результате скелетная мышца при своем сокращении расходует больше энергии на единицу развиваемой силы и работает, следовательно, с меньшим КПД и более короткое время [11].

Подтверждением сказанному могут служить результаты измерения температурной стоимости мышечного сокращения (табл. 3).

Таблица 3

Температурная стоимость мышечного сокращения (ТСМС, $[\Delta T^{\circ}C/H] 10^{-2}$) у крыс разных групп в начальный и конечный периоды сократительного цикла

Группа	Начало работы			В конце работы			Разница ТСМС к началу работы, %
	Прирост температуры мышцы, $^{\circ}C$	Максимальная сила сокращения, H	ТСМС, $[\Delta T^{\circ}C/H] 10^{-2}$	Прирост температуры мышцы, $^{\circ}C$	Максимальная сила сокращения, H	ТСМС, $[\Delta T^{\circ}C/H] 10^{-2}$	
Гипертиреоз (1Т ₃ -группа) n=10	0,121 ±0,011	1,63 ±0,02	7,42 ±0,37	0,101 ±0,013	1,14 0,04	8,86 ±0,41	+19% P<0,05
Тиреотоксикоз (2Т ₃ -группа) n=10	0,147 ±0,013	1,56 ±0,02	9,42 ±0,41	0,117 ±0,011	0,89 ±0,05	13,15 ±0,49	+40% P<0,05
Тиреотоксикоз (3Т ₃ -группа) n=10	0,159 ±0,018	1,31 ±0,03	12,13 ±0,45	0,089 ±0,011	0,5 ±0,06	17,8 ±0,56	+47% P<0,05
Контроль (К-группа) n=10	0,098 ±0,008	1,47 ±0,03	6,67 ±0,26	0,096 ±0,009	1,24 ±0,03	7,77 ±0,28	+15% p<0,05

Как видно из приведенных данных, у животных контрольной группы исходная температурная стоимость мышечного сокращения, рассчитанная на единицу развиваемой силы, была существенно ниже, чем у крыс всех гипертиреоидных и тиретоксикозных групп. Это позволяет говорить, что избыток тиреоидных гормонов вызывает повышение энергетических затрат на единицу развиваемой мышцей силы, что эквивалентно снижению КПД мышечного сокращения.

Представляет интерес анализ данных о величине ТСМС в процессе развития утомления мышцы. Действительно, по данным табл. 3 видно, что у крыс контрольной группы после цикла сокращений температурная стоимость мышечного сокращения возросла на 15%. Данный факт может рассматриваться с точки зрения снижения эрготропной эффективности мышечного сокращения в ходе развития утомления. В результате на единицу развиваемой силы мышца контрольных животных продуцировала большее количество тепла.

Экспериментальный гипертиреоз (1Т₃-группа) не вызывал существенного изменения направленности и выраженности изменений данного показателя. Так, у крыс названной группы ТСМС при развитии данной степени утомления возрос на 19%. Совсем другая закономерность имела место у животных с выраженной степенью экспериментального тиреотоксикоза. Как видно из табл. 3, у крыс "2Т₃-группы" значение ТСМС возросло на 40%, а у крыс с тяжелой степенью тиреотоксикоза "3Т₃-группа" изменение данного показателя были еще более выраженными (+47%). Приведенные данные свидетельствуют, что при

формировании состояния экспериментального тиреотоксикоза скелетная мышца животных начинает сокращаться с чрезвычайно высокими затратами энергии. Следовательно, можно говорить, что в процессе развития гипертиреоза разной степени выраженности происходит закономерное снижение КПД сократительного акта.

В основе такого явления, на наш взгляд, могут лежать механизмы "деградации энергии", активирующиеся тиреоидным гормоном трийодтиронином, а также изменения в работе ионных насосов, что также автоматически отражается на энергетической стоимости мышечного сокращения [7, 8, 13, 17].

В целом полученные результаты позволяют говорить, что гормоны щитовидной железы обладают выраженной способностью модулировать все важнейшие параметры сократительного акта, отражающие его функциональную способность скелетной мышцы; при этом направленность и выраженность такого эффекта тиреоидных гормонов зависит от степени тяжести экспериментального гипертиреоза.

Выводы

1. При экспериментальном гипертиреозе легкой степени выраженности переднеберцовая мышца белых крыс в условиях *in situ* способна развивать силу изометрического сокращения большую (+11%), чем мышца контрольных, эутиреоидных животных; одновременно возрастает лабильность мышцы, что проявляется в уменьшении (на 40%) латентного периода сократительного акта и времени развития максимальной силы сокращения (на 17%).

2. При экспериментальном тиреотоксикозе ослабляется (-11%) сила изометрического сокращения переднеберцовой мышцы белых крыс, снижается ее работоспособность (60%) и лабильность сократительного акта.

3. В процессе развития экспериментального гипертиреоза происходит закономерное повышение температурной стоимости мышечного сокращения (до 47%), что может рассматриваться как доказательство снижения КПД сократительного акта под влиянием гормона щитовидной железы трийодтиронина.

4. Делается заключение, что гормоны щитовидной железы обладают выраженной способностью модулировать все важнейшие параметры сократительного акта, отражающие функциональную способность скелетной мышцы; при этом направленность и выраженность такого эффекта тиреоидных гормонов зависит от степени выраженности экспериментального гипертиреоза.

Список литературы

1. *Болезни щитовидной железы* / Ред. Л.И. Браверман. – М.: Медицина, 2000. – 250 с.
2. *Бурумкулова Ф.Ф., Котова Г.А., Герасимов Г.О.* Сердечно-сосудистая система при диффузном токсическом зобе // Пробл. эндокринологии. – 1995. – № 5. – С. 41-46.
3. *Ганонг В.Ф.* Фізіологія людини. – Львів: Бак, 2002. – 784 с.
4. *Гольбер Л.М., Кандрор В.И., Крюкова И.В.* Гипертиреоз и симпатoadренальная система. – М.: АН СССР, 1978. – 100 с.
5. *Дейвис П.Д., Дейвис Ф.Б.* Негеномные эффекты тиреоидных гормонов / *Болезни щитовидной железы*. – М.: Медицина, 2001. – С. 18-34.
6. *Кандрор В.И.* Современные проблемы тиреоидологии // Пробл. эндокринологии. – 1990. – Т. 45, № 1. – С. 3-7.
7. *Рачев Р.Р., Ещенко Н.Д.* Тиреоидные гормоны и субклеточные структуры. – М.: Медицина, 1975. – 286 с.
8. *Резник М.Е., Соболев В.И.* Влияние изопронилнорадреналина на мощность мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе // Архив клин. экспер. мед. – 2001. – Т. 10, № 2. – С. 208.

9. Ром-Бугулавська О.С., Комарова І.В., Сомова О.В. Порівняльна реактивність еутиреоїдної та тиреотоксичної щитовидної залози до дії регуляторів тироїдної функції // Фізіол. журн. – 1996. – Т. 42, № 3-4. – С. 88-89.
10. Соболев В.И., Махсудов М.С., Мерхелевич Л.Г. и др. Влияние 2,4-динитрофенола на температурный эффект мышечного сокращения при экспериментальном гипертиреозе // Физиол. журн. – 1995. – № 3. – С. 80-84.
11. Соболев В.И., Попова В.В. Энергетика мышечного сокращения при гипертиреозе // Тез. Всеросс. симп. (с междунар. участием) "Механизмы терморегуляции и биоэнергетики: взаимодействие функциональных систем". – Иваново, 2002. – С. 50.
12. Султанов Ф.Ф., Соболев В.И. Гормональные механизмы температурной адаптации. – Ашхабад: Ёлым, 1991. – 216 с.
13. Чирва Г.И. Влияние многократных холодových воздействий на физиологические показатели терморегуляции человека // Архив клин. экспер. мед. – 2001. – Т. 10, № 3. – С. 277-280.
14. Чирва Г.И., Соболев В.И. Влияние острого охлаждения на физиологические механизмы терморегуляции человека // Вісник Донецького університету. Сер. А: Природ. науки. – 2001. – Вип. 2. – С. 260-264.
15. Якименко М.А. Механизмы мышечного термогенеза // Съезд Всесоюз. физиол. общ-ва им. И.П. Павлова. – Кишинев, 1987. – Т. 1. – С. 242.
16. Masaki T., Yoshimatsu H., Sakata T. Expression of rat uncoupling protein family mRNA levels by chronic treatment with thyroid hormone // Int. J. Obesity. – 2000. – Suppl. 2. – P. 162-164.
17. Jakabsons Mica B., Gregoire Francine M., Schonfeld-Warden Nancy A., Warden Craig H., Horwitz B.A. T₃ stimulates resting metabolism and UCP-2 and UCP-3 mRNA but not nonphosphorylating mitochondrial respiration in mice // Amer. J. Physiol. – 1999. – № 2. – P. 380-389.

Соболев В.И., Пічуріна Н.В. Вплив експериментального гіпертиреозу на енергетику скорочувального акту у процесі розвитку стомлення (дослідження *in situ*). – Показано, що при експериментальному гіпертиреозі легкого ступеня вираженості великогомілкового м'яза білих щурів в умовах *in situ* здатний розвивати силу ізометричного скорочення більшу (+11%), ніж м'яз контрольних, еутиреоїдних тварин; одночасно зростає лабільність м'яза, що виявляється в зменшенні (на 40%) латентного періоду акту скорочення і часу розвитку максимальної сили скорочення (на 17%). При експериментальному тиреотоксикозі ослаблюється (-11%) сила ізометричного скорочення м'яза білих щурів, знижується його працездатність (60%) і лабільність, а також зростає температура вартість скорочувального акту.

Ключові слова: м'яз, енергетика, гіпертиреоз, трийодтиронін.

Sobolev V.I., Pichurina N.V. Influencing of experimental hyperthyroidism on energy of muscle contraction in the process of development of fatigue (research of *in situ*). – It is shown that at experimental hyperthyroidism muscle develops large force of contraction (+11%), than muscle of control animals. Force of muscle contraction of white rats relaxes (-11%) at experimental hyperthyroidism, its capacity (60%). It is concluded, that the thyroid hormones of possess the expressed ability to modulate all major parameters of muscle contraction, reflecting his functional ability of skeletal muscle; thus, an orientation and expressed of such effect of thyroid hormones depends on the degree of weight of experimental hyperthyroidism.

Key words: muscle contraction, energy, hyperthyroidism.

В.В. Труш

ВЛИЯНИЕ ГИПЕРТИРЕОИДНЫХ СОСТОЯНИЙ НА РАБОТОСПОСОБНОСТЬ СКЕЛЕТНОЙ МЫШЦЫ БЕЛЫХ КРЫС

Донецкий национальный университет; 83050, г. Донецк, ул. Щорса, 46

Труш В.В. Влияние гипертиреодных состояний на работоспособность скелетной мышцы белых крыс. – В опытах на белых крысах показано, что умеренный гипертиреоз не отражался на среднем уровне общей утомляемости передней большеберцовой мышцы, тогда как прогрессирование гипертиреоза сопровождалось увеличением этого параметра при условии работы мышцы с большими нагрузками. Тиреотоксикоз приводил к существенному повышению мышечной утомляемости. Период максимальной устойчивой работоспособности мышцы у животных с гипертиреозом и тиреотоксикозом оказался существенно укороченным, причем в наибольшей мере у тиреотоксикозных крыс. Гипертиреодные состояния сопровождались повышением степени функциональной гетерогенности мышцы.

Ключевые слова: тиреодные гормоны, гипертиреоз, тиреотоксикоз, утомление мышцы, работоспособность мышцы.

Введение

Ухудшение экологической обстановки на Украине, особенно отчетливо выраженное в последние десятилетия, послужило одной из причин увеличения частоты заболеваний щитовидной железы, которые нередко протекают по гипертиреодному типу и могут быть вызваны как патологическими изменениями в самой железе, так и определенными нарушениями периферического метаболизма тиреодных гормонов [2, 3]. Гиперфункция щитовидной железы приводит, как правило, к нарушениям со стороны опорно-двигательного аппарата, которые, наряду с расстройствами в сердечно-сосудистой системе, могут служить причиной инвалидизации больных. Вопрос, касающийся механизмов и точек приложения действия тиреодных гормонов на функциональное состояние скелетной мускулатуры, несмотря на многочисленные исследования в этой области, до настоящего времени остается дискуссионным. Если из большинства клинических наблюдений известно, что повышенный тиреодный статус индивида сопровождается снижением силы и повышением утомляемости скелетных мышц [1, 4, 7], то в условиях *in vitro* ряд специалистов [6, 8-12], напротив, наблюдали позитивные эффекты физиологических и повышенных доз йодтиронинов на отдельные структуры мышечного волокна, имеющие отношение к реализации сократительного акта.

Несмотря на наличие большого фактического материала относительно влияния повышенных доз тиреодных гормонов на отдельные изолированные структуры мышечного волокна, вопрос, касающийся характера изменений в нервно-мышечном аппарате при различной степени выраженности гипертиреодных состояний в условиях функционально целостного организма, изучен недостаточно. Между тем не исключено, что состояние мионевральной системы при развитии тиреотоксикоза претерпевает определенную динамику со сменой противоположных фаз, подобную таковой для сердечно-сосудистой и некоторых других систем. Кроме того, представления, полученные на основании исследования эффектов йодтиронинов на изолированные структуры мышечного волокна *in vitro*, не всегда и, вероятно, не в полной мере соответствуют тем механизмам, которые реализуются в условиях *in vivo* и *in situ*, что затрудняет их интерпретацию.

В связи с отмеченным представляется актуальным исследование в условиях *in situ* некоторых параметров работоспособности скелетной мышцы как индикатора процессов, протекающих в целостной нервно-мышечной системе, при различных моделях экспериментальной гиперфункции щитовидной железы.

Материалы и методы исследования

Эксперименты проводились на 366 взрослых белых крысах-самках со средней исходной массой $241 \pm 0,97$ г, первоначально разделенных на две группы – опытную ($n=246$) и контрольную ($n=120$). У животных опытной группы воспроизводили различные модели

гиперфункции щитовидной железы путем хронического ежедневного введения L-тироксина в одинаковой суточной дозе (200 мкг/кг), но на протяжении различных интервалов времени. В частности, нами экспериментально создавались три модели гипертиреоидных состояний:

– умеренный гипертиреоз (гипертиреоидная группа, включала 60 крыс, получивших 15-20 ежедневных инъекций L-тироксина),

– тиреотоксикоз (тиреотоксикозная группа, включала 60 животных, получивших 45-50 ежедневных инъекций L-тироксина),

– гипертиреоз различной степени выраженности (гипертиреоидная группа с различной степенью тяжести гипертиреоза, состояла из 126 крыс, получивших от 10 до 35 подкожных инъекций L-тироксина).

Критериями развития гипертиреоидных состояний у опытных крыс служили изменения массы тела, ректальной температуры, а также характера поведенческих реакций и общего физического состояния.

У наркотизированных крыс (этаминал натрия, 50 мг/кг) в условиях *in situ* исследовали параметры работоспособности передней большеберцовой мышцы в диапазоне различных внешних нагрузок. Сокращение мышцы вызывали путем раздражения электрическим током малоберцового нерва (напряжение 500 мВ, частота 50 Гц, длительность импульсов 0,5 мс). Мышца на протяжении всего опыта сокращалась с определенной постоянной нагрузкой в ритмичном режиме (1 с – гладкое тетаническое сокращение, 2 с – пауза) до тех пор, пока не развивалось почти полное ее утомление. Причем почти полным условно считалось такое утомление мышцы, при котором амплитуда ее укорочений снижалась на 90% относительно максимально достижимого мышцей уровня. Внешние нагрузки составляли 40, 80, 120, 160, 200 и 240 г.

На основании эргограмм, отражающих изменение степени укорочения мышцы в случае ее ритмичной работы с какой-то определенной нагрузкой (40 г или 80 г и т.д. вплоть до 240 г), рассчитывали продолжительность "вработывания" мышцы, процентный прирост амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания", количество сокращений мышцы с максимально возможной амплитудой и продолжительность развития почти полного ее утомления.

Выбранный диапазон грузов диктовался необходимостью изучения закономерностей изменения мышечной работы в динамике развития гипертиреоза при малых, средних и больших внешних нагрузках. Согласно исследованиям, проведенным нами ранее [5], повышенный тиреоидный статус сопровождается сдвигом влево кривой, отражающей зависимость внешней работы мышцы от величины нагрузки. В частности, было установлено, что оптимальными для передней большеберцовой мышцы белых крыс с массой тела 200-250 г эутиреоидной группы оказались нагрузки в 120-140 г, гипертиреоидной – 100-120 г, а тиреотоксикозной – 60-80 г. Диапазоны малых и больших нагрузок для мышцы эутиреоидных крыс соответственно составили 20-100 г и 160-400 г, тогда как для гипертиреоидных – 20-80 г и 140-400 г, а для тиреотоксикозных – 20-40 г и 100-400 г.

Экспериментальные данные обрабатывались общепринятыми методами математической статистики. Так, для оценки достоверности различий между центральными тенденциями несвязанных выборок использовался критерий Манна-Уитни, а достоверность различий между средними значениями связанных выборок устанавливали с помощью критерия Вилкоксона. С целью выявления зависимости величины определенных параметров мышечного сокращения от ректальной температуры, отражающей степень выраженности экспериментального гипертиреоза, применялись методы регрессионного анализа.

Результаты и обсуждение

Результаты наших исследований по влиянию различных моделей гипертиреоидных состояний на некоторые показатели работоспособности передней большеберцовой мышцы белых крыс показали следующее (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения ($\bar{X} \pm S\bar{x}$) некоторых показателей работоспособности передней большеберцовой мышцы эу-, гипертиреоидных и тиреотоксикозных белых крыс в диапазоне различных внешних нагрузок

Показатель	Группа животных	Величина внешней нагрузки, г					
		40	80	120	160	200	240
Продолжительность "вработывания", с	контроль	3± 1,1	5± 1,2	6± 1,4	7± 2,3	4± 1,2	5± 2,2
	гипертиреоз	13± 1,4*	14± 1,3*	9± 2,1	8± 1,4	4± 1,2	4± 1,0
	тиреотоксикоз	9± 2,2*	7± 1,4	6± 1,3	4± 1,0	2± 0,3	3± 1,0
Прирост амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания", %	контроль	4± 0,7	8± 0,7	9± 0,8	10± 1,0	8± 0,8	8± 0,7
	гипертиреоз	18± 2,8*	22± 3,4*	10± 1,2	9± 1,0	8± 0,8	7± 0,8
	тиреотоксикоз	13± 4,3*	6± 0,8	7± 0,8	8± 0,8	7± 0,7	6± 0,7
Количество сокращений мышцы с максимальной возможной амплитудой	контроль	10± 0,7	9± 0,6	8± 0,5	6± 0,3	4± 0,3	3± 0,3
	гипертиреоз	7± 0,9*	6± 0,8*	6± 0,7*	4± 0,5*	3± 0,2*	2± 0,2*
	тиреотоксикоз	3± 0,8*•	2± 0,6*•	2± 0,2*•	1± 0,1*•	1± 0,1*•	1± 0,1*•
Продолжительность развития мышечного утомления, с	контроль	602 ±28	320 ±35	208 ±40	202 ±28	141 ±39	74 ±13
	гипертиреоз	716 ±81	380 ±51	195 ±9	126 ±31	103 ±13	78 ±8
	тиреотоксикоз	259 ±47*•	125 ±14*•	90 ±8*•	59 ±4*•	45 ±5*•	26 ±2*•
Количество сокращений в процессе утомления	контроль	201 ±9	107 ±12	69 ±13	67 ±9*•	47 ±13	25 ±4
	гипертиреоз	239 ±27	127 ±17	65 ±3	42 ±10	34 ±1	26 ±1
	тиреотоксикоз	86 ±16*•	42 ±5*•	30 ±3*•	20 ±1*•	15 ±2*•	9 ±1*•

Примечание. Общее количество животных в каждой группе составляло 60 крыс (на каждую внешнюю нагрузку приходилось по 10 крыс).

* – отличия от соответствующих значений контроля статистически значимы ($p < 0,05$);

• – отличия от соответствующих значений гипертиреоза статистически значимы ($p < 0,05$).

Во-первых, продолжительность развития мышечного утомления у животных с умеренным гипертиреозом (получили 15-20 инъекций L-тироксина в дозе 200 мкг/кг) при всех использованных внешних нагрузках (40-240 г) не претерпела выраженных изменений по сравнению с контролем, тогда как тиреотоксикоз (животные получили 45-50 инъекций L-тироксина в дозе 200 мкг/кг), напротив, сопровождался большей утомляемостью передней большеберцовой мышцы по сравнению с таковой эу- и гипертиреоидной групп ($p < 0,05$) в диапазоне всех использованных внешних нагрузок. Так, скорость развития мышечного

утомления у тиреотоксикозных крыс превышала таковую контроля на $61 \pm 4,4\%$ при нагрузке в 40 г и $71 \pm 2,0\%$ при нагрузке в 240 г. Кроме того, повышенный тиреоидный статус сопровождался увеличением частоты немоного развития утомления ($p < 0,01$) в случае работы мышцы опытных крыс с малыми нагрузками (у 60% гипертиреоидных крыс при нагрузках в 40-80 г и у 70% тиреотоксикозных крыс при нагрузке в 40 г, см. рис. 1) по сравнению с эутиреоидными животными (в 13% случаев при нагрузках в 40-120 г). В целом более низкий уровень продолжительности развития мышечного утомления у тиреотоксикозных крыс по сравнению с эу- и гипертиреоидной группой в диапазоне всех использованных внешних нагрузок (40-240 г), очевидно, служит отражением глубоких функциональных сдвигов со стороны их передней большеберцовой мышцы, тогда как общая утомляемость мышцы при умеренном гипертиреозе нашей модели не претерпевала выраженных изменений. Вместе с тем отмеченное увеличение частоты немоного развития утомления у гипертиреоидных и тиреотоксикозных животных, имевшее место при использовании только малых нагрузок, объясняется, на наш взгляд, возросшей функциональной гетерогенностью исследуемой мышцы, сопровождающейся эффектом перемежающегося включения в реакцию патологически измененных мышечных волокон.

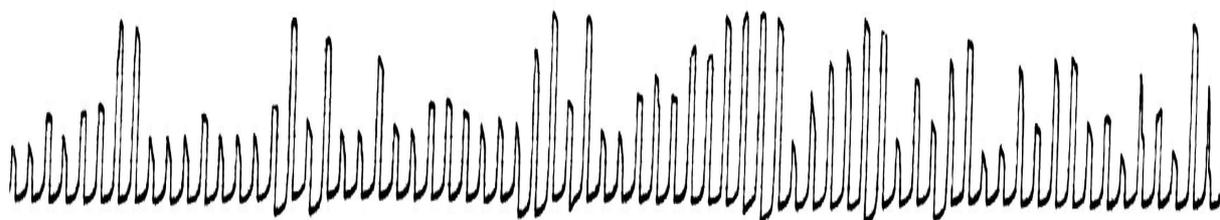


Рис. 1. Фрагмент эргограммы передней большеберцовой мышцы гипертиреоидной крысы, свидетельствующий о немоном характере развития утомления (внешняя нагрузка составляет 40 г)

Во-вторых, количество сокращений мышцы с максимально возможной амплитудой, отражающее ее способность удерживать на максимальном уровне свою работоспособность, и у гипертиреоидных, и у тиреотоксикозных животных в диапазоне всех использованных внешних нагрузок (40-240 г) оказалось меньше такового эутиреоидной группы ($p < 0,05$). Причем значения характеризуемого показателя у тиреотоксикозных животных при всех использованных нагрузках были ниже соответствующих величин не только эу-, но и гипертиреоидной групп ($p < 0,05$). Так, если у крыс с экспериментальным гипертиреозом количество сокращений мышцы с максимально возможной амплитудой оказалась меньше контрольного уровня на $29 \pm 9,4\%$ (при нагрузке в 40 г) – $35 \pm 5,2\%$ (при нагрузке в 240 г), то степень уменьшения характеризуемого параметра у тиреотоксикозных животных относительно эутиреоидных находилось в пределах от $69 \pm 8,2\%$ (при нагрузке в 40 г) до $83 \pm 1,7\%$ (при нагрузке в 160 г).

В-третьих, продолжительность "вработывания" исследуемой мышцы и прирост амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания", во многом зависящие от степени синхронизации процессов возбуждения в мышце, у гипертиреоидных и тиреотоксикозных животных в диапазоне малых нагрузок (40-80 г для гипертиреоидных крыс и 40 г для тиреотоксикозных) превысили ($p < 0,05$) соответствующие значения контроля, тогда как при использовании средних и больших грузов (120-240 г для гипертиреоидной группы и 80-240 г для тиреотоксикозной) статистически значимых различий по характеризуемым показателям крыс опытных и эутиреоидной групп выявлено не было. Отмеченное превышение продолжительности "вработывания" передней большеберцовой мышцы гипертиреоидных крыс над уровнем контроля, принятым за 100%, оказалось довольно значительным и составило $333 \pm 46,7\%$ (в 4,3 раза) при нагрузке в 40 г и $180 \pm 26,0\%$ (в 2,8 раза) при нагрузке 80 г. Аналогичная картина наблюдалась и с таким показателем, как

прирост амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания". Так, в диапазоне малых нагрузок (40-80г) у гипертиреоидных животных значения этого параметра превосходили таковые эутиреоидных крыс на $368 \pm 73,7\%$ (в 4,7 раза) при нагрузке в 40 г и на $176 \pm 43,6\%$ (в 2,8 раза) при нагрузке в 80 г. Превышение характеризуемых показателей у тиреотоксикозных крыс над уровнем контроля, имевшее место при малой нагрузке (40 г), составило $200 \pm 73,3\%$ (в 3 раза) для продолжительности "вработывания" исследуемой мышцы и $229 \pm 113,9\%$ (в 3,3 раза) для прироста амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания".

Наблюдаемое нами увеличение продолжительности "вработывания" и процентного прироста амплитуды сокращений в процессе "вработывания" исследуемой мышцы животных с повышенным тиреоидным статусом косвенно свидетельствует в пользу десинхронизации процессов возбуждения в ней. Последнее обстоятельство, по всей видимости, приводит к тому, что новые мышечные волокна от момента начала работы мышцы в процессе ее "вработывания" у гипертиреоидных и тиреотоксикозных крыс более медленно и менее синхронно, по сравнению с мышцей эутиреоидных животных, вовлекаются в механический ответ. Увеличение степени десинхронизации процессов возбуждения и, как следствие, сокращения отдельных мышечных волокон в исследуемой мышце животных с повышенным тиреоидным статусом, наряду с более частым немонотонным характером развития ее утомления, служит одним из проявлений возросшей функциональной дисперсности передней большеберцовой мышцы. Сглаживание же различий по показателям, косвенно отражающим степень функциональной неоднородности в исследуемой мышце гипертиреоидных и тиреотоксикозных крыс, по сравнению с контролем, наблюдаемое нами в диапазоне средних и больших нагрузок, вероятнее всего, свидетельствует в пользу полного выключения части патологически измененных волокон мышцы из сократительного акта, тогда как в случае ее работы с малыми грузами эти волокна могут участвовать в механическом ответе.

В-четвертых, характер изменения общей продолжительности развития мышечного утомления по мере прогрессирования экспериментального гипертиреоза (животные получили от 10 до 35 инъекций L-тироксина) имел свои особенности при использовании малых, оптимальных и больших внешних нагрузок (рис. 2, табл. 2).

Таблица 2

**Значения коэффициентов линейной регрессии ($b \pm s_b, \%/^{\circ}\text{C}$),
устанавливающих зависимость общей продолжительности развития утомления
передней большеберцовой мышцы гипертиреоидных крыс от ректальной температуры**

Величины, между которыми исследовалась зависимость	Величина внешней нагрузки, г					
	40	80	120	160	200	240
Продолжительность развития утомления мышцы - ректальная температура	$68,2 \pm 13,52^*$	$26,8 \pm 10,94^*$	$17,4 \pm 11,57$	$-25,6 \pm 4,78^*$	$-26,8 \pm 6,99^*$	$-26,6 \pm 9,11^*$

Примечание. * – коэффициент линейной регрессии статистически значим ($p < 0,05$).

Так, в случае работы исследуемой мышцы опытных крыс с малыми внешними нагрузками (40-80 г) продолжительность утомления в процессе развития гипертиреоза возрастала, что, на первый взгляд, может отражать мнимое уменьшение утомляемости мышцы. Между тем более детальный анализ причин, обусловивших увеличение общей продолжительности мышечного утомления с повышением ректальной температуры, показал, что данное обстоятельство во многом связано с увеличением частоты немонотонного его развития у животных с выраженным гипертиреозом по сравнению с эутиреоидными особями и другими опытными крысами со слабой и умеренной степенью гипертиреоидного состояния.

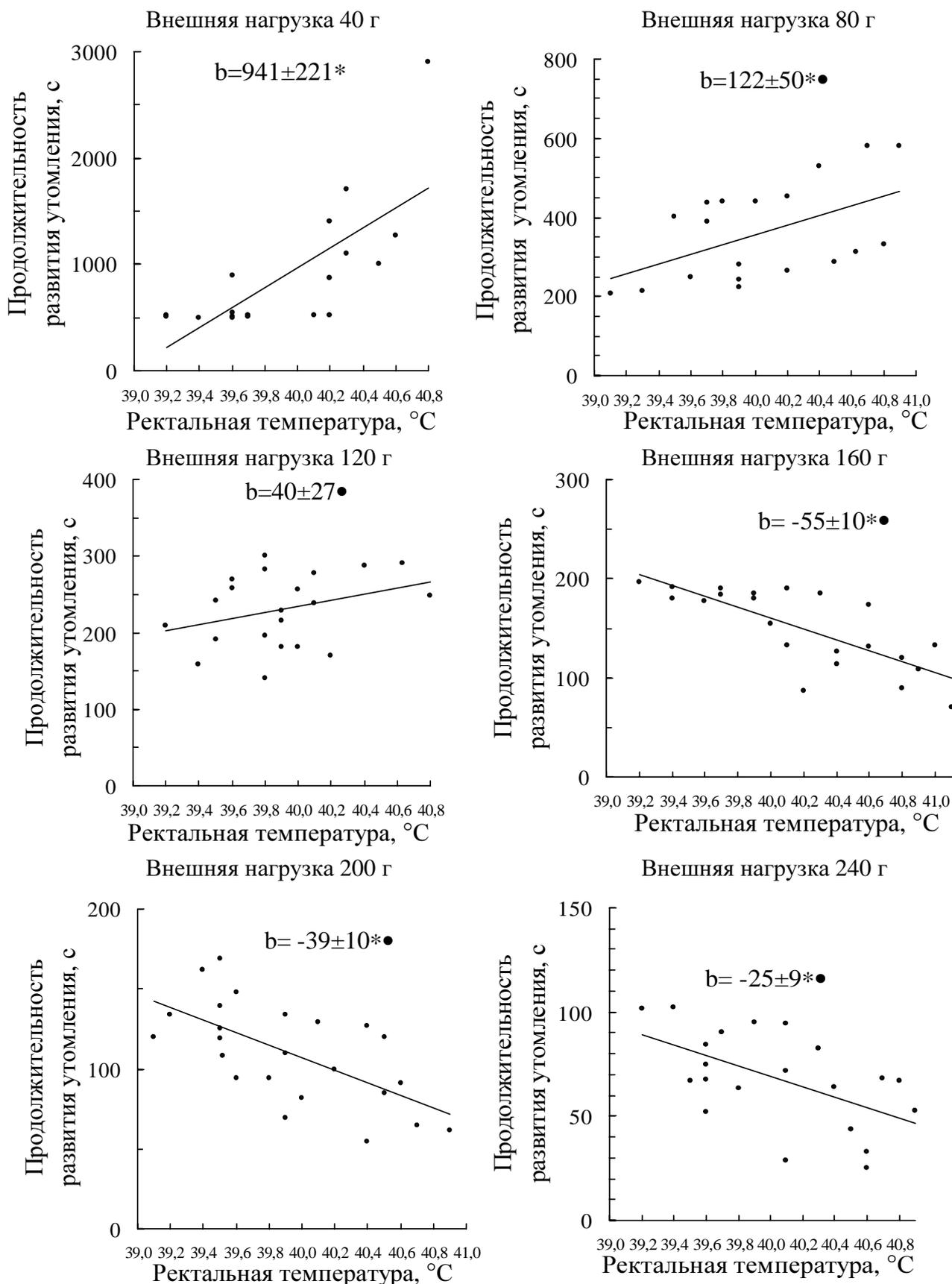


Рис. 2. Характер изменения продолжительности развития утомления передней большеберцовой мышцы в процессе прогрессирования гипертиреоза в диапазоне различных внешних нагрузок (40-240 г)

Примечание. * – коэффициент линейной регрессии статистически значим ($p<0,05$);

• – размерность коэффициентов линейной регрессии – с/°С.

В связи с отмеченным увеличением продолжительности развития утомления по мере повышения ректальной температуры, имевшее место у опытных животных в диапазоне малых нагрузок, на самом деле свидетельствует не об уменьшении утомляемости мышцы, а в пользу увеличения степени ее функциональной неоднородности, возникающей по причине определенных патологических процессов в ней.

При условии работы передней большеберцовой мышцы опытных крыс с оптимальной внешней нагрузкой (120 г) продолжительность развития утомления в процессе углубления гипертиреоза не претерпевала существенных изменений. В диапазоне больших внешних нагрузок (160-240 г) имело место уменьшение продолжительности мышечного утомления в процессе углубления гипертиреоидного состояния.

Подводя итог результатам исследования характера изменения работоспособности передней большеберцовой мышцы при гипертиреоидных состояниях, необходимо отметить следующее. Во-первых, повышенный тиреоидный статус приводил к увеличению степени функциональной гетерогенности мышцы, объективными проявлениями которой служили увеличение частоты немоного характера развития ее утомления, продолжительности "вработывания" и прироста амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания", отмеченные у опытных крыс при использовании малых нагрузок (40-80 г для гипертиреоидных животных и 40 г для тиреотоксикозных крыс). Отсутствие же подобных проявлений функциональной дисперсности передней большеберцовой мышцы гипертиреоидных и тиреотоксикозных животных в случае ее работы с оптимальными и большими нагрузками, на наш взгляд, свидетельствует в пользу временного функционального выключения части патологически измененных мышечных волокон из механического ответа. Во-вторых, увеличение степени абсолютной утомляемости исследуемой мышцы в динамике углубления гипертиреоза имело место только в диапазоне больших нагрузок (160-240 г). Вместе с тем способность мышцы удерживать на максимальном уровне свою работоспособность, оцениваемая по количеству мышечных сокращений с максимально возможной амплитудой, и у гипертиреоидных, и у тиреотоксикозных животных оказалась сниженной, по сравнению с таковой эутиреоидных крыс, при всех использованных внешних нагрузках.

Выводы

1. Умеренный гипертиреоз не отразился на среднем уровне общей утомляемости мышцы; тиреотоксикоз, напротив, сопровождался существенным повышением этого параметра относительно контрольной и гипертиреоидной групп при всех использованных нагрузках (40-240 г). Вместе с тем период максимальной устойчивой работоспособности мышцы и у гипертиреоидных и у тиреотоксикозных животных во всем диапазоне нагрузок (40-240 г) оказалось существенно ниже эутиреоидного уровня; причем наиболее выраженное укорочение этого периода имело место у крыс с тиреотоксикозом.

2. Умеренный гипертиреоз и тиреотоксикоз сопровождался повышением степени функциональной гетерогенности мышцы, объективным проявлением которой служило увеличение частоты немоного характера развития утомления, продолжительности "вработывания" и прироста амплитуды мышечных сокращений в процессе "вработывания", отмеченное только в режиме малых нагрузок (40-80 г).

3. Прогрессирование экспериментального гипертиреоза неоднозначно сказывалось на общей утомляемости мышцы при условии ее работы с малыми, оптимальными и большими внешними нагрузками. Так, в диапазоне малых нагрузок (40-80 г) имело место увеличение продолжительности развития мышечного утомления по мере повышения ректальной температуры, во многом обусловленное немоным характером его развития. Увеличение же утомляемости мышцы в динамике углубления гипертиреоза наблюдалось только при использовании больших нагрузок (160-240 г).

Список литературы

1. Агафонов Б.В., Калинин А.П., Можеренков В.П. Эндокринные миопатии. – М.: Медицина, 1984. – 41 с.
2. Афанасьева Н.І. Особливості тиреоїдного гормонального гомеостазу при захворюваннях щитовидної залози у сучасних радіаційно-екологічних умовах України // Укр. радіол. журн. – 1998. – Т. 6, № 3. – С. 354-357.
3. Бардов В.Г., Омроди С.Т., Пельо И.М. Влияние природных и антропогенных факторов окружающей среды на заболеваемость тиреотоксикозом населения Украины // Медико-биологические аспекты аварии на Чернобыльской АЭС. – 1998. – № 1. – С. 24-27.
4. Гехт Б.М., Ильина Н.А. Нервно-мышечные болезни. – М.: Медицина, 1982. – 352 с.
5. Попова В.В. Влияние экспериментально моделируемых гипертиреоза и тиреотоксикоза на энергетику мышечного сокращения // Проблемы экологии и охраны природы техногенного региона: Межведомственный сборник научных работ / Отв. ред. С.В. Беспалова. – Донецк: ДонНУ, 2002. – Вып. 2. – С. 235-239.
6. Brodie C., Sampson S.R. Thyroid hormones upregulate Ca-channels in cultured skeletal muscle of the rat // Neuroscience Letters. – 1990. – Vol. 117, № 8. – P. 325-330.
7. Cakir Mehtap, Samanci Nehir, Balci Nilufer, Balci Mustafa Kemal. Musculoskeletal manifestations in patients with thyroid disease // Clin. Endocrinol. – 2003. – Vol. 59, № 2. – P. 162-167.
8. Connelly T.J., Hayek R., Sukhareva M. et al. L-thyroxine activates the intracellular Ca²⁺ release channel of skeletal muscle sarcoplasmic reticulum // Biochem. Mol. Biol. Int. – 1994. – Vol. 32, № 3. – P. 441-448.
9. Everts M.E. Effects of thyroid hormones on contractility and cation transport in skeletal muscle // Acta Physiol. Scand. – 1996. – Vol. 156, № 3. – P. 325-333.
10. Harrison A.P., Clausen T. Thyroid hormone-induced upregulation of Na⁺ channels and Na⁺-K⁺ pumps: implications for contractility // American Journal of Physiology. – 1998. – Vol. 274, № 5. – P. R864-R867.
11. Hulbert A.J. Thyroid hormones and their effects: a new perspective // Biological review of the Cambridge Philosophical Society. – 2000. – Vol. 75, № 4. – P. 519-631.
12. Warnick P.R., Davis P.J., Davis F.B. et al. Rabbit skeletal muscle sarcoplasmic reticulum Ca²⁺-ATPase activity: stimulation in vitro by thyroid hormone analogues and bipyridines // Biochem. Biophys. Acta. – 1993. – Vol. 1153, № 2. – P. 184-190.

Труш В.В. Вплив гіпертиреїдних станів на працездатність скелетного м'яза білих щурів. – У дослідках на білих щурах показано, що помірний гіпертиреоз не відбивався на середньому рівні загальної стомлюваності переднього великогомілкового м'яза, тоді як прогресування гіпертиреозу супроводжувалося збільшенням цього параметра за умов роботи м'яза з великими навантаженнями. Тиреотоксикоз призводив до істотного підвищення м'язової стомлюваності. Період максимальної стійкої працездатності м'яза у тварин із гіпертиреозом та тиреотоксикозом виявився істотно скороченим, причому набагато більше у тиреотоксикозних щурів. Гіпертиреїдні стани супроводжувалися підвищенням ступеня функціональної гетерогенності м'яза.

Ключові слова: тиреоїдні гормони, гіпертиреоз, тиреотоксикоз, стомлюваність м'яза, м'язова працездатність.

Trush V.V. The influence of hyperthyroid states on the working capacity of the skeletal muscle of white rats. – In experiments on white rats it has been shown that the moderate hyperthyroidism was not reflected in an average level of the common fatigue of the forward tibial muscle, whereas progression of hyperthyroidism was accompanied by increasing of this parameter under condition of muscle's work with large loads. Thyrotoxicosis resulted in essential increase of muscular fatigue. The period of stable working capacity of a muscle of animals with hyperthyroidism and thyrotoxicosis turned to be essentially reduced, and the greatest degree of reduction of this parameter was observed in thyrotoxicosis rats. The hyperthyroid states were accompanied by increasing of a degree of a functional heterogeneity of a muscle.

Key words: thyroid hormones, hyperthyroidism, thyrotoxicosis, muscular fatigue, muscular working capacity.

ПРАВИЛА ДЛЯ АВТОРОВ

1. Для публикации в межведомственном сборнике научных трудов биологического факультета Донецкого национального университета "**ПРОБЛЕМЫ ЭКОЛОГИИ И ОХРАНЫ ПРИРОДЫ ТЕХНОГЕННОГО РЕГИОНА**" принимаются не опубликованные ранее научные работы по всем разделам биологии (ботаника, физиология растений, зоология, физиология человека и животных, биофизика и др.).

В печать принимаются научные статьи на украинском, русском и английском языках, которые имеют необходимые элементы: постановка проблемы в общем виде и её связь с важнейшими научными и практическими задачами; анализ последних достижений и публикаций, в которых рассмотрена данная проблема и на которые ссылается автор, выделение нерешенных ранее частей общей проблемы, на решение которых направлена данная статья; формулирование цели и постановка задач; изложение основного материала исследования с полным обоснованием полученных научных результатов; выводы из этого исследования и перспективы дальнейших исследований в данном направлении. Каждый раздел следует выделять названиями (**Введение, Материал и методы исследований, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы**).

2. Статья набирается в редакторе MS Word 97, 2000, XP как текст в формате RTF (*.rtf) или документ Word (*.doc). Шрифт – Times New Roman Cyr, размер – 12 пунктов, межстрочный интервал – одинарный; поля со всех сторон – по 2 см; абзацный отступ – 1 см; выравнивание – по ширине, без переносов; колонтитулы – 1,2 см, стиль "Обычный". Страницы рукописи не нумеруются.

Объем статьи (включая иллюстративный материал, таблицы, список литературы, резюме) – 5-8 страниц (для обзорных статей – до 16 страниц).

3. Текст статьи должен соответствовать структурной схеме:
УДК (в верхнем левом углу страницы)

Инициалы и фамилия автора (-ов)

Название статьи – **ЗАГЛАВНЫМИ БУКВАМИ**

*Полное официальное название учреждения и его почтовый адрес с индексом
(для каждого из авторов, если они представляют разные учреждения)
и адрес электронной почты*

4. Резюме (не более 50 слов) и ключевые слова (5-8) подаются на украинском, русском и английском языках по следующему примеру (размер шрифта – 10 пунктов):

Фамилия и инициалы автора (-ов). Название статьи. – Текст, который должен содержать краткое изложение предмета исследований, результатов и выводов.

Ключевые слова: ...

5. В тексте статьи выделяют разделы: **Введение, Материал и методы исследований, Результаты и обсуждение, Выводы, Список литературы.**

Благодарности подаются в конце статьи перед списком литературы.

6. **Список литературы** приводится согласно с правилами оформления библиографического списка по требованиям ВАК Украины.

Фамилии и инициалы авторов выделить курсивом.

Ссылки на литературные источники подаются в квадратных скобках.

Фамилии авторов в списке литературы размещаются в алфавитном порядке либо в порядке цитирования. Названия работ приводятся на языке оригинала.

Следует тщательно выверить соответствие литературных источников в тексте и в списке, проверить правильность названий периодических источников. При цитировании материалов и тезисов конференций, съездов, симпозиумов и др. обязательно указывать место и дату их проведения. При цитировании издания коллектива авторов следует указывать инициалы и фамилию ответственного редактора.

7. Латинские названия родов и видов необходимо выделить *курсивом*. Первое упоминание любого названия организма должно сопровождаться полным научным (латинским) названием с указанием автора (фамилия полностью) и года опубликования (например, *Passer domesticus* (Linnaeus, 1758)), при следующем упоминании фамилия автора и год не приводятся, а название рода можно подавать сокращенно (*P. domesticus*).

8. В тексте, таблицах и списке литературы следует употреблять короткое тире (–), а не дефис (-). Любой знак препинания набирается слитно с предыдущим словом и отделяется от последующего одним пробелом. Текст статьи должен быть тщательно выверен, без орфографических и стилистических ошибок.

9. Таблицы следует набирать в редакторе MS Word 97, 2000, XP. Их следует размещать в "книжном", а не в "альбомном" формате, с максимальной насыщенностью информацией в строках. В названиях граф сокращение слов нежелательно. Следует избегать составления слишком громоздких таблиц. Заголовок таблицы оформить по следующему примеру:

Таблица 1

Название таблицы

10. Рисунки, схемы, графики, диаграммы, фотографии в электронной форме должны быть вставлены в текст, сразу после ссылки на них (или на следующей странице). Подписи под рисунками делать в текстовом редакторе MS Word (*Рис. 1. Название*). Все элементы текста на графиках и диаграммах должны быть набраны шрифтом Times New Roman Cyt. Фотографии должны быть качественными и контрастными. Объем иллюстративного материала и таблиц не должен превышать 30% объема статьи.

11. Математические формулы и уравнения приводить с использованием редактора MS Equation 3.0.

12. Сокращения слов, кроме общепринятых, не допускаются или обязательно дается их расшифровка.

13. К статье на отдельных листах прилагаются: заявка с указанием для каждого автора фамилии, имени и отчества (полностью), ученого звания и научной степени, полного названия и адреса организации, где выполнена работа, адреса электронной почты (**обязательно!**) и контактного телефона.

14. К статье также следует приложить две рецензии от специалистов (докторов или кандидатов наук) – внутреннюю и внешнюю.

15. Если статья подается на английском языке, то прилагается её украинский или русский вариант.

16. Поданные материалы не возвращаются. Редакция оставляет за собой право исправлять ошибки в тексте, а также возвращать рукопись на доработку в случае несоответствия статьи вышеизложенным правилам. Автор должен учесть все замечания редактора и прислать исправленный вариант в редакцию в указанные сроки, но не позднее, чем через 3 месяца.

17. Ответственность за содержание поданного материала несут авторы.

18. Окончательное решение о публикации принимает редакционная коллегия.

19. Автор (-ы) статьи получает 1 экз. сборника (стоимость сборника – договорная).

Все материалы направляйте электронной почтой по адресу: **ecology@dongu.donetsk.ua**

В редакцию также присылается один распечатанный экземпляр статьи, дискета (3,5") с материалами и рецензии.

Адрес редакции:

Биологический факультет ДонНУ, к. 310, ул. Щорса, 46, г. Донецк, 83050.

Отв. секретарь – к.б.н. Штирц Артур Давыдович.

Тел.: (062) 335-69-29 (кафедра зоологии Донецкого национального университета).

Наукове видання

Проблеми екології та охорони природи техногенного регіону

МІЖВІДОМЧИЙ ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

Вип. 6

(українською та російською мовами)

Редактор: Р.В. Щадько

Оригінал-макет: А.Д. Штірц

Обкладинка: М.В. Максимович

Відповідальність за зміст статей та якість рисунків несуть автори.

Адреса в Інтернеті: www.donnu.edu.ua/bio

Адреса редакції: 83050, м. Донецьк, вул. Щорса, 46, к. 310